

CLASIFICADO

**ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA
POR MOVIMIENTOS EN MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS
REQUISITOS DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ**

**Instituto Distrital De Gestión De Riesgos Y Cambio Climático
IDIGER
Diagonal 47 No. 77 B – 09 Interior 11
PBX. (57 1) 4292800
idiger@idiger.gov.co
Bogotá D.C. - Colombia.**

**Representante de la consultoría: Ing. Mauricio Hernán Camargo
Supervisor: Torres Ing. S.A.S.**

**ESTUDIO BÁSICO POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL NODO DE
EQUIPAMIENTOS RAIZAL**

GEODINÁMICA INGENIERÍA S.A



CONTRATO 278 DE 2022

ORIGINAL INFORME FINAL

MAYO DE 2023

Nota Especial: “De acuerdo con el Artículo 20 de la Ley 23 de 1982, modificado por el Artículo 28 de la Ley 1450 de 2011, los Derechos de Autor pertenecen al IDIGER. La solicitud para reproducir este documento parcial o totalmente se debe dirigir por escrito al director del IDIGER.

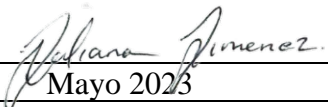
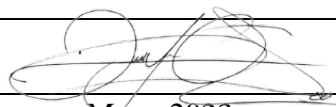

HOJA DE CONTROL


ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
IDIGER	SUPERVISOR	
INTERVENTORÍA	DIRECTOR	

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
Entrega 1	Entrega 1	30 diciembre 2022	Se realiza entrega
Entrega 2	Entrega 2	27 enero 2023	Se realiza entrega
Entrega 3 - 1	Entrega (3 nodos)	6 de marzo 2023	Se realiza entrega de los 3 nodos acordados.
Entrega 3 - 2	Entrega (5 nodos)	5 de abril 2023	Se realiza entrega de los 5 nodos faltantes.
Entrega 4	Entrega 4 (Ensayos de laboratorio, modelo geológico geotécnico)	18 de abril 2023	Se realiza entrega
Entrega 5	Entrega 5 (Entrega final)	15 de mayo 2023	Se realiza entrega
Entrega Final	Entrega Final	27 de mayo 2023	Se realiza entrega

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DE CONSULTORÍA

Elaborado por (Ingeniera de apoyo):	Ing. Emma Juliana Jiménez Lombana.
Firma:	
Fecha:	Mayo 2023
Elaborado por (Especialista en Geotecnia):	Ing. Diego Mauricio Camargo Acosta.
Firma:	
Fecha:	Mayo 2023
Aprobado por (Director de Consultoría):	Ing. Mauricio Hernán Camargo Chávez
Firma:	

Fecha:	Mayo 2023
Elaborado por (Especialista en Geología)	Ing. Luis Guillermo Córdoba
Firma:	
Fecha:	Mayo 2023

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DE INTERVENTORÍA

Aprobado por (Ingeniero De Apoyo)	Ing. María Paula Aparicio
Firma:	
Fecha:	Mayo 2023
Aprobado por (Especialista en Geotecnia):	Ing. Julio Cesar Torres Camargo
Firma:	
Fecha:	Mayo 2023
Director Interventoría	José Rubén Torres Camargo
Firma:	
Fecha:	Mayo 2023
Aprobado por (Especialista en Geología):	Ing. Leily Candela
Firma:	
Fecha:	Mayo 2023

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	15
2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y POLÍGONO DE ANÁLISIS.....	16
3	VERIFICACIÓN DEL POLIGONO	17
4	METODOLOGIA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA.....	19
4.1	METODOLOGIA.....	19
5	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	23
5.1	GENERALIDADES LOCALIDAD SUMAPAZ:.....	23
5.1.1	GEOMORFOLOGIA	23
5.2	GENERALIDADES LOCALIDAD SUMAPAZ.....	25
5.3	CUENCA RIO BLANCO.....	26
5.3.1	Suelos	27
5.3.2	Pendientes Localidad Sumapaz- Cuenca río Blanco	28
5.3.3	Clima	28
5.4	DESCRIPCIÓN DE INFORMACIÓN NODO EL RAIZAL:	29
5.4.1	Amenaza	29
5.4.2	Pendientes Polígono Raizal	30
5.4.3	Precipitación	31
5.4.4	Hidrogeología.....	32
5.4.5	Estudios previos.....	34
5.4.6	Información secundaria	41
6	GEOLOGÍA	50
6.1	GEOLOGÍA REGIONAL	50
6.1.1	ESTRATIGRAFÍA.....	50
6.1.2	UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES	51
6.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	53
6.3	GEOLOGIA LOCAL	54
6.3.2	Suelo transportado coluvión (Stc)	57
7	GEOMORFOLOGÍA	58
7.1	ELEMENTO DE ORIGEN GLACIAR.....	58

7.1.1	Ladera ondulada glaciar (Glo).....	58
7.2	ELEMENTO DE ORIGEN DENUDATIVO	58
7.2.1	Depósito coluvial (Dco).....	59
7.3	ELEMENTOS GEOMORFOLOGICOS:.....	60
8	PROCESOS MORFODINÁMICOS.....	61
9	SISMOLOGÍA	62
10	COBERTURA Y USOS DEL SUELO.....	63
10.1	COBERTURA DE LA TIERRA.	63
10.2	USO ACTUAL	69
10.3	RECOMENDACIÓN PARA COBERTURAS Y USOS FUTUROS DEL SUELO: 71	
11	HIDROLOGIA Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL.....	72
11.1	INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA.....	72
11.2	INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	73
11.3	ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO.....	73
11.4	PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES.	73
11.5	NÚMERO DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN	74
11.6	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS.	75
11.6.1	ESTIMACIÓN DE CURVAS IDF.	76
11.6.2	IDENTIFICACIÓN CUERPOS DE AGUA	80
11.7	OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL Y SUB-SUPERFICIAL EXISTENTES: 81	
11.8	CAUDALES DE DISEÑO	95
11.9	EVALUACIÓN HIDRÁULICA	100
11.10	EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN.....	103
11.11	BALANCE HÍDRICO	104
12	INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	106
12.1	PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	106
12.1.1	ANTECEDENTES	106
12.2	Diagnóstico Del Área De Estudio:.....	107

12.3	IMPLEMENTACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	111
12.3.1	Perfiles de campo:	112
12.3.2	Resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT)	117
12.4	ENSAYOS DE LABORATORIO	127
12.4.1	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE ATTERBERG	128
12.4.2	LIMITES DE ATTERBERG	129
12.4.3	GRANULOMETRÍA	130
12.4.4	PESO UNITARIO:	131
12.4.5	GRAVEDAD ESPECÍFICA	132
12.4.6	CORTE DIRECTO	133
12.4.7	CONSOLIDACIÓN RÁPIDA:	133
12.4.8	HIDROMETRIAS:	134
12.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DETALLADO DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS:	139
12.5.1	ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN:	139
12.5.2	ROCA BLANDA LODOLITA (Rbl):	140
12.5.3	Angulo de fricción (ϕ):	140
12.5.4	Cohesión (c'):	140
12.5.5	PESO UNITARIO:	141
12.5.6	SUELO TRANSPORTADO COLUVIÓN (Stc):	142
12.5.7	PESO UNITARIO:	145
12.6	MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	146
12.6.1	Suelo transportado coluvión (Stc)	146
12.6.2	Roca Blanda lodolita (Rbl)	146
12.7	NIVEL FREÁTICO	149
12.7.1	NIVEL FREÁTICO REPORTADO EN CAMPO	149
12.7.2	ANÁLISIS DEL NIVEL FREÁTICO:	149
12.8	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	153
12.8.1	TALUD INFINITO	153

12.9	EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA:.....	157
12.9.1	EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA	159
12.9.2	CONDICIÓN ACTUAL:	160
12.9.3	CONDICIÓN FUTURA:.....	161
12.10	ANÁLISIS DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA:	162
12.10.1	AMENAZA ACTUAL:	163
12.10.2	AMENAZA FUTURA:	164
12.11	DISTANCIA DE VIAJE:.....	164
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	166
14	BIBLIOGRAFÍA.....	170
15	ANEXOS.....	173

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Localización y área nodo El Raizal.....	16
Figura 2 Verificación del polígono.....	17
Figura 3. Zonificación básica de amenaza por movimiento en masa a escala 1:5000	19
Figura 4. Localización área Sumapaz y nodo el Raizal.....	25
Figura 5. Ubicación del Nodo El Raizal.....	27
Figura 6. Pendientes de la localidad de Sumapaz- Cuenca Rio Blanco.	28
Figura 7. Clima localidad Sumapaz.....	29
Figura 8. Amenaza del polígono Raizal, Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:750	30
Figura 9. Niveles de detalle	30
Figura 10. Pendientes del polígono Raizal. Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:750	31
Figura 11. Precipitación del polígono Raizal. Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:1.000	32
Figura 12. Zonificación Hidrogeológica-Nodo Raizal	34
Figura 13. Consulta de Histórico de Eventos-Nodo Raizal.....	35
Figura 14. Daños estructurales presentes en el Colegio Jaime Garzón	36
Figura 15. Localización de la vivienda de la señora María Irene Ramírez.	37
Figura 16. Localización de las viviendas afectadas.....	38
Figura 17. Deslizamiento presente en la zona	40
Figura 18. Programación y Proyectos secretaria Distrital del Hábitat	43
Figura 19. Prestación de Servicios ACUEDUCTO TUNALES	44
Figura 20. Comprobación de predios públicos en el polígono de estudio.....	45
Figura 21. Localización del predio con RUPI 2-1824.....	46
Figura 22. Certificación de bienes dl patrimonio inmobiliario distrital	46
Figura 23. Ubicación de la zona para la localización de nodos de equipamiento rurales El Raizal.....	47
Figura 24. Viviendas localizadas para el polígono Raizal.....	49
Figura 25. Mapa geológico regional modificado plancha 265 Icononzo, INGEOMINAS 1999	51
Figura 26. Mapa Unidades Geológicas Superficiales, modificado FOPAE-UNAL 2013. ..	52
Figura 27. Geología estructural Raizal, modificado de la plancha 265 Ingeominas,1999. ..	54
Figura 28. Características del polígono El Raizal	55
Figura 29. Unidades geológicas para ingeniería polígono Raizal. Escala 1:5.000.....	56
Figura 30. Elementos Geomorfológicos del polígono Raizal. Escala 1:5.000.....	59
Figura 31. Parte alta del deslizamiento rotacional presente en la ladera inferior aledaña al polideportivo.....	61

Figura 32. Sismología del polígono Raizal. Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:1.000	62
Figura 33. Coberturas Nodo Raizal	67
Figura 34 Tipo de uso del suelo nodo Raizal	70
Figura 35. Localización Estaciones Nodo 2 - El Raizal	72
Figura 36. Distribución Mensual de Precipitación Estación PG Nazareth.....	74
Figura 37. Regiones en Colombia – Parámetros de Regresión	78
Figura 38. Curvas IDF Estación PG Nazareth.....	79
Figura 39. Descripción Red de Drenaje Nodo 2 - El Raizal.....	81
Figura 40. Alcantarillas existentes en el nodo el Raizal.....	82
Figura 41. Áreas de Drenaje Obras Existentes	96
Figura 42. Coeficientes de Escorrentía – V. T. Chow	98
Figura 43. Distribución Mensual de Precipitación Estación AG Pascas	105
Figura 44. Consulta de Histórico de Eventos-Nodo Raizal.....	106
Figura 45- Localización de la perforación ejecutada.....	111
Figura 46. Muestras sondeo # 1	113
Figura 47. Muestras sondeo # 2.....	114
Figura 48. Muestras sondeo # 3.....	115
Figura 49. Muestras del sondeo # 4.....	116
Figura 50. Muestras apique # 1	116
Figura 51. Muestras apique # 2	117
Figura 52. Variación de la resistencia a la penetración N en golpes/pie del ensayo de SPT	118
Figura 53. Variación de resistencia al corte no drenado correlacionada a partir de valores de N del ensayo de SPT.....	119
Figura 54. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-1.....	121
Figura 55. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-2.....	122
Figura 56. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-3.....	123
Figura 57. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-4.....	124
Figura 58. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-1	125
Figura 59. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-2.....	125
Figura 60. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-3.....	126
Figura 61. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-4.....	127
Figura 62. % Humedad Vs Profundidad.....	129
Figura 63. % Carta de plasticidad de Casagrande	130
Figura 64. Distribución granulométrica Vs profundidad.....	131
Figura 65. Peso unitario Vs. Profundidad	132
Figura 66. % Gravedad específica Vs Profundidad.....	132
Figura 67. % Curva Hidrometría S2(M3).....	134



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



Figura 68. % Curva Hidrometría S3(M2).....	135
Figura 69. % Curva Hidrometría AP-2(CUBO).....	136
Figura 70. Tabla resumen de resultados	138
Figura 71. Unidades geológicas para ingeniería polígono Raizal. Escala 1:5.000.....	147
Figura 72. Clasificación de los suelos	149
Figura 73. Valores de numero de curva para diferentes grupos hidrológicos y uso del suelo	150
Figura 74. Planta y perfil Angulo β	155
Figura 75. Método del Talud Infinito	156
Figura 76. Clasificación de la amenaza de un talud ante deslizamiento	159

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del Espesor de Suelo	21
Tabla 2. Caracterización Hidrogeológica	34
Tabla 3. Estado y diagnóstico de la malla vial e inventario de infraestructura	41
Tabla 4. Reserva de CIV para el Raizal.....	42
Tabla 5. Elementos viales que se encuentran dentro del nodo el Raizal	42
Tabla 6. Edificabilidad de las zonas para la localización de nodos de equipamientos y de equipamientos aislados rurales	48
Tabla 7. Volumetrías para los nodos de equipamientos rurales y equipamientos aislados rurales	48
Tabla 8 Descripción pendientes Elementos geomorfológicos Raizal	60
Tabla 9 Coberturas de la tierra Nodo Raizal	65
Tabla 10. Uso del suelo Nodo Raizal	70
Tabla 11. Estaciones empleadas Nodo 2 – El Raizal	72
Tabla 12. Distribución temporal de la precipitación media mensual – Estación PG Nazareth.	74
Tabla 13. Distribución temporal núm. de días precipitación mensual – Estación PG Nazareth.	74
Tabla 14. Lluvias Máxima en 24 horas - Estación PG Nazareth.....	75
Tabla 15. Valores Parámetros de Regresión en Colombia	77
Tabla 16. Relaciones IDF – Estación PG Nazareth.....	79
Tabla 17. Elementos de equipamiento de alcantarilla 1	83
Tabla 18. Elementos de equipamiento de alcantarilla 2	85
Tabla 19. Elementos de equipamiento de la alcantarilla 3	87
Tabla 20. Elementos de equipamiento de la alcantarilla 4	89
Tabla 21. Elementos de equipamiento de la alcantarilla 5	91
Tabla 22. Período de retorno según tipo de obra.....	95
Tabla 23. Coberturas de la tierra Nodo Raizal	97
Tabla 24. Evaluación de caudales.....	100
Tabla 25. Evaluación Obras de Drenaje	102
Tabla 26. Coeficientes de permeabilidad de depósitos naturales del suelo.....	103
Tabla 27. Resultados de pruebas de permeabilidad	103
Tabla 28. Balance Hídrico – Estación CO Guaicaramo	104
Tabla 29. Exploración del Subsuelo	111
Tabla 30. Resultados de ϕ y c' S-1	120
Tabla 31. Resultados de ϕ y c' S-2	121
Tabla 32. Resultados de ϕ y c' S-3	122
Tabla 33. Resultados de ϕ y c' S-4	123
Tabla 34 – Cantidades de ensayos realizados para el nodo Raizal.....	127



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



Tabla 35 – Resultados de ensayos de corte directo	133
Tabla 36 – Resultados de ensayos de corte directo	133
Tabla 37. Parámetros estimados para cada sondeo.....	139
Tabla 38. Parámetros estimados a partir del ensayo de laboratorio	140
Tabla 39. Análisis estadístico de parámetros	140
Tabla 40. Análisis estadístico (Peso Unitario)	141
Tabla 41. Parámetros Geotécnicos (Rbl).....	141
Tabla 42. Parámetros S3 (M4).....	144
Tabla 43. Parámetros Geotécnicos (Stc).....	145
Tabla 44 Características zonas geotécnicas.....	147
Tabla 45 – Resumen de parámetros de resistencia obtenidos a partir de correlación con N de SPT	148
Tabla 46. Tabla resumen de nivel freático	149
Tabla 47. Resultado de nivel freático asociado a una lluvia de 20 años	152

TABLA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Problemática encontrada fuera del nodo de estudio.	18
Fotografía 2. Problemática encontrada en el nodo de estudio.	18
Fotografía 3. Pastos arbolados.	68
Fotografía 4. Pastos limpios (A), red vial en el centro (B), así como cultivos permanentes arbóreos (C).	68
Fotografía 5. Derecha vegetación secundaria (A), izquierda pastos limpios (B).	68
Fotografía 6. Adelante pastos limpios, en el centro red vial y vivienda rural dispersa, manchas dispersas de árboles clasificados como cultivos permanentes arbóreos.	68
Fotografía 7. Vegetación secundaria	68
Fotografía 8. La alcantarilla está equipada con muro cabezal, Guarda ruedas y muro de solado	84
Fotografía 9. La tubería de la alcantarilla es de 24 ", se evidencia taponamiento por falta de mantenimiento, lo que genera empozamiento de agua.	84
Fotografía 10. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural,	84
Fotografía 11. Encharcamiento por el vertimiento de las aguas.	84
Fotografía 12. La alcantarilla está equipada con muro cabezal, muro de acompañamiento y solado.	86
Fotografía 13. La tubería de la alcantarilla es de concreto y tiene un diámetro de 24"	86
Fotografía 14. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural	86
Fotografía 15. Falta de mantenimiento.	86
Fotografía 16. Se evidencia muro de acompañamiento y muro cabezal	88
Fotografía 17. Se tiene una tubería en concreto con un diámetro de 30"	88
Fotografía 18. Se evidencia descole, pero se resalta que este no es eficiente ya que se vierten más adelante las aguas recogidas por esta alcantarilla al terreno natural.	88
Fotografía 19. La tubería de la alcantarilla es de concreto, con diámetro de 40"	90
Fotografía 20. Se evidencia el muro cabezal y muros de acompañamiento.	90
Fotografía 21. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural.	90
Fotografía 22. Se cuenta con solado, aletas y muro cabezal	90
Fotografía 23. La tubería de la alcantarilla es de concreto, con diámetro de 24"	92
Fotografía 24. Se evidencia que esta esta colmatada por falta de mantenimiento	92
Fotografía 25. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural.	92
Fotografía 26. Se cuenta con solado, aletas y muro cabezal	92
Fotografía 27. Estado actual de obras hidráulicas para la recolección de aguas lluvia, nodo el Raizal	93



Fotografía 28. Tubería de 2" recolectora de aguas lluvias	93
Fotografía 29. Disipador de energía escalonado- vía el Raizal- las Animas.....	94
Fotografía 30 Cortes encontrados sobre la zona de estudio.	108
Fotografía 31 Construcciones encontradas sobre la zona de estudio, donde se realizaron cortes en el terreno.....	108
Fotografía 32 Ubicación de la escuela y polideportivo en zona alta.	109
Fotografía 33 En la parte baja del polideportivo se encuentra construido un muro.....	109
Fotografía 34 Drenaje no controlado que cae al talud.....	109
Fotografía 35 Agrietamiento presentado sobre la infraestructura de la escuela.....	109
Fotografía 36 No se presenta descole adecuado de las alcantarillas.	110
Fotografía 37 No se presenta descole, el vertimiento se da directamente al terreno.....	110
Fotografía 38 Cárcamo encontrado a sobre la vía que da acceso a la escuela y la vía principal.	110
Fotografía 39 Al frente de la entrada principal del cementerio, se observa un relleno y se destaca que sobre este sitio se presentó un problema de inestabilidad.....	110
Fotografía 40 Iglesia sobre macizo rocoso.....	110
Fotografía 41 Salón comunal Altas pendientes.	110

1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se muestra la consolidación de la información suministrada por el IDIGER relacionada con los antecedentes de eventos y estudios realizados en la zona objeto de intervención.

Adicional a esto se muestra el plan de exploración del subsuelo para el Nodo 2 denominado el Raizal, el cual está justificado a partir de la visita de reconocimiento realizada el día 24 de enero de 2023, la revisión de información previa, y el anexo técnico de los términos de referencia.

La zona objeto de intervención del presente informe será el nodo el Raizal, este se encuentra ubicado en la localidad de Sumapaz y comprende un área de 5,958184 Ha, a continuación, se observa a detalle la localización del polígono a intervenir.

Teniendo en cuenta la inspección visual de las condiciones actuales del sector se plantea el programa de exploración del subsuelo. Las actividades descritas se desarrollan en el marco del contrato de consultoría No. 278 de 2022 cuyo objeto es la “Elaboración De Estudios Básicos De Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa, A Escala 1:5.000 Acorde Con Los Requisitos Del Decreto 1077 De 2015, Para 8 Nodos De Equipamientos Rurales De La Localidad De Sumapaz.”

Para el análisis hidrológico como primera actividad se realizó una caracterización del terreno, basada en la cartografía disponible. A partir de la información hidrológica disponible en la zona se determinaron las condiciones pluviométricas generales en el sitio objeto de estudio y con la cartografía disponible, se pudieron identificar los cuerpos de agua existentes en el sitio. Así mismo se obtuvieron las Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia que permiten obtener patrones de conductas pluviométricas que registran sobre un área o región específica.

En el presente documento se presenta el análisis hidrológico en la zona de intervención que corresponde al Nodo 2, denominado El Raizal. Como primera actividad de realizó una caracterización del terreno, basada en la cartografía disponible. A partir de la información hidrológica disponible en la zona se determinaron las condiciones pluviométricas generales en el sitio objeto de estudio y con la cartografía disponible, se pudieron identificar los cuerpos de agua existentes en el sitio. Así mismo se obtuvieron las Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia que permiten obtener patrones de conductas pluviométricas que registran sobre un área o región específica.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y POLÍGONO DE ANÁLISIS

En el presente informe, se muestran las condiciones técnicas específicas para el desarrollo de los estudios básicos de zonificación de Amenaza por movimiento en masa en el Nodo Raizal, este encuentra ubicado en la localidad de Sumapaz y comprende un área de 5,958184 Ha.

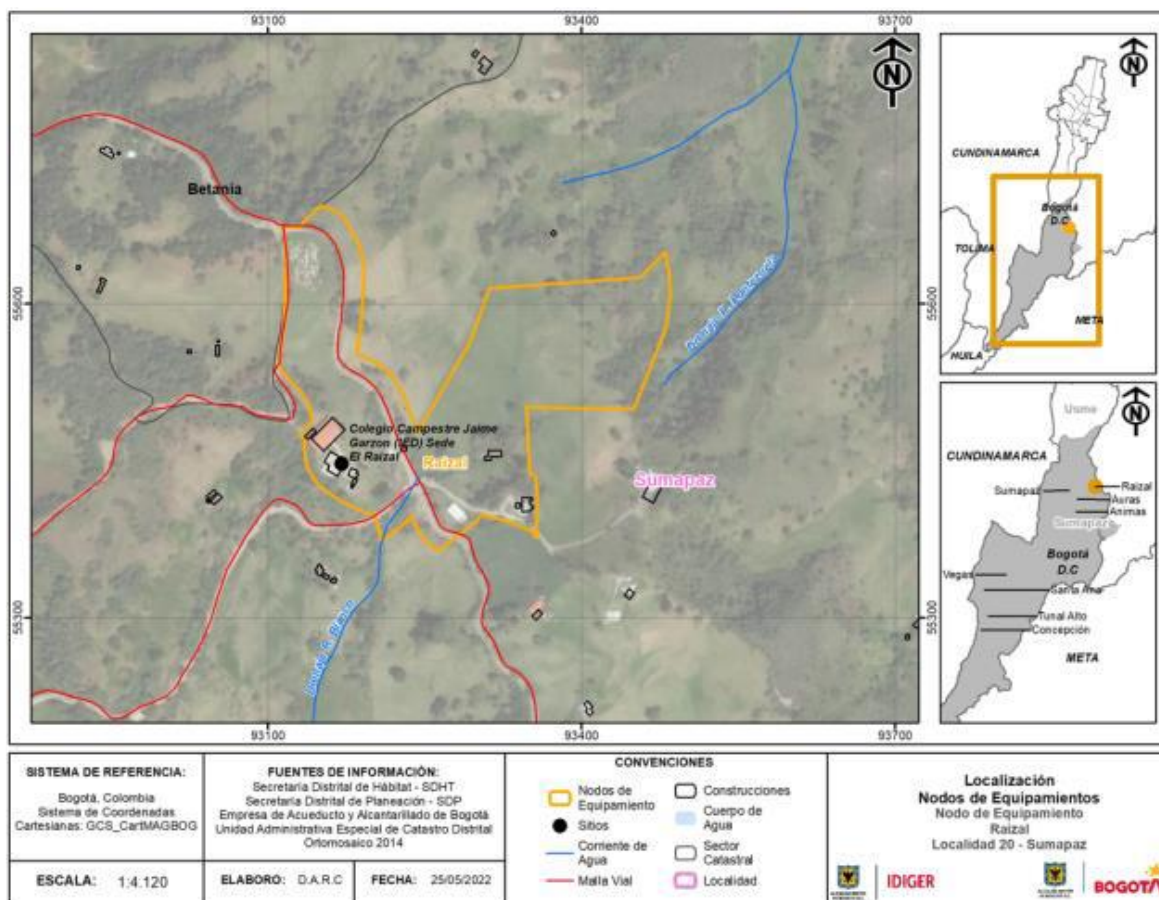


Figura 1. Localización y área nodo El Raizal.
Fuente: (IDIGER, 2017)

3 VERIFICACIÓN DEL POLIGONO

Para el polígono Raizal, se propone la adición de un área directa de 0.55 Ha, considerando la problemática observada en la visita de campo realizada el 24 de Enero, en el cual se evidencio que en el costado sur occidental del polígono se presenta un área donde se encuentra el muro de contención (Incluido dentro del polígono) el cual se encuentra con una polisombra verde, además, presenta un aparente cabeceo; se nota una posible afectación en la Institución Educativa la cual mostramos en las fotografías posteriores, además, la comunidad indica que se hace un vertimiento al talud de manera no controlada.



Figura 2 Verificación del polígono
Fuente: Adaptada Google earth

En la siguiente fotografía, es posible observar la problemática encontrada, donde en las primeras fotografías se evidencia el muro de contención y el tubo por donde se genera el vertimiento del agua hacia el talud. En la fotografía 2, se evidencia la zona de aislamiento,



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



debido a los asentamientos que se están generando en esta área, igual que el problema de agrietamiento encontrada en la infraestructura de la institución



Fotografía 1. Problemática encontrada fuera del nodo de estudio.



Fotografía 2. Problemática encontrada en el nodo de estudio.

4 METODOLOGIA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

4.1 METODOLOGIA

Para la elaboración de zonificación de amenaza por movimientos en masa, se toma como base la Guía Metodológica del Servicio Geológico Colombiano, a partir del cual se establece que los estudios realizados para escalas 1:5000 serán desarrollados por medio de análisis determinísticos; para esto se utiliza información secundaria existente (cartografía) con el fin de generar, en primera instancia, mapas temáticos para la zona de estudio relacionados a geología, geomorfología, coberturas y uso del suelo.

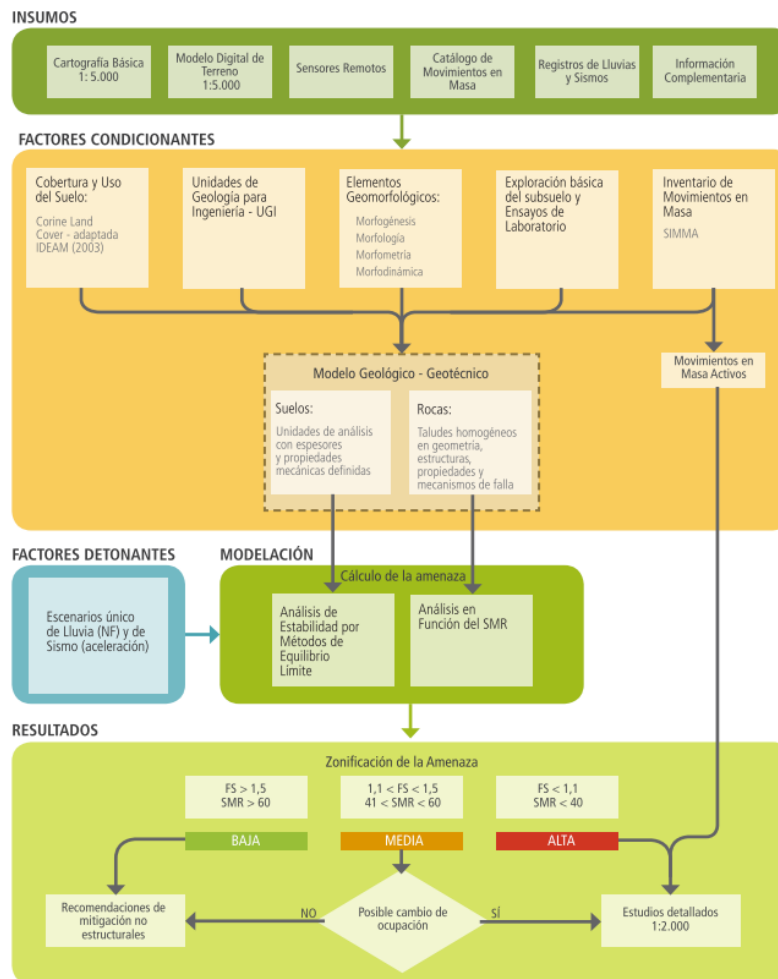


Figura 3. Zonificación básica de amenaza por movimiento en masa a escala 1:5000
 Fuente: (SERVICIO GEOLOGICO, 2016)

Así mismo, se deben tener en cuenta los factores condicionantes tales como la UGI, elementos geomorfológicos, la exploración básica del subsuelo, información secundaria relacionada a eventos ocurridos con movimientos en masa en las áreas de estudio y coberturas y usos del suelo. Para el caso del primer ítem (UGI), se debe tener información geológica con la distribución, propiedades físicas y mecánicas de las rocas, suelos, nivel freático, características del relieve, los cuales son importantes en el desarrollo del estudio, además que con dicha información es posible diferenciar materiales aflorantes, definir espesores de suelo y características estructurales y caracterizar los materiales de acuerdo a las propiedades mecánicas.

En el caso de la geomorfología, y teniendo como referencia la escala requerida para el estudio es necesario la generación geomorfológica detallada, enfocándose en la identificación y caracterización de geoformas, a partir de información relacionada con morfogénesis, morfología, morfometría y morfodinámica; esto debe ir acompañado de actividades tales como la recopilación de información y análisis de la misma, así como el respectivo reconocimiento en campo de la zona de estudio.

Respecto al histórico de eventos de movimientos en masa en la zona de estudio, se hace el registro de las condiciones actuales del lugar a través del levantamiento en campo y con fotografías que evidencien el estado de las mismas, así como el uso de sensores remotos que permitan complementar esta información, la cual irá como complemento de la geomorfología. Adicionalmente, con la exploración básica del subsuelo, con la cual se busca realizar la caracterización de las unidades del modelo geológico-geotécnico para el polígono de estudio, se proyectan apiques de 2 metros de profundidad y sondeos de 5 metros. Estas muestras deberán tener sus respectivos ensayos de laboratorio, según sea el caso.

Finalmente, la información asociada a usos y coberturas de suelo está proyectada para desarrollarse conforme a la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por parte del IDEAM; allí se basa en la determinación del número de curva (CN) con el cual se busca encontrar valores de nivel freático y láminas de agua, si se tiene en cuenta la lluvia como un factor importante causante de los movimientos en masa; los factores a evaluar principalmente son de tipo antrópico donde se evidencien cambios en el uso del suelo, cortes de ladera y explanaciones. Así mismo, es posible utilizar información cartográfica y/o secundaria que esté actualizada e incluida en el POT y Pomca de la zona de estudio, incluso en caso de que cumpla también con la escala de trabajo (1:5000) esta información puede ser usada como mapa temático definitivo. De igual manera, se debe tener en cuenta que es de gran importancia la actividad preliminar de reconocimiento en campo y tener una definición inicial de las coberturas en terreno, de acuerdo a la metodología mencionada (Corinne Land Cover), para luego realizar el proceso de digitalización de polígonos de coberturas, los cuales

tendrán los respectivos atributos de identificación y definición. Luego se debe realizar la respectiva caracterización con el fin de poder diferenciar y dar una descripción cualitativa del tipo, densidad, tamaño, entre otros.

Una vez definida la información anterior es posible establecer el modelo geológico-geotécnico, donde se deben identificar unidades geotécnicamente homogéneas y con esto, plantear para cada caso el modelo conceptual, mediante el cual se establezcan las características geológicas y geomorfológicas, así como los parámetros geotécnicos para cálculo de estabilidad en la zona de estudio de manera determinística. En primera instancia, las unidades geotécnicas homogéneas se determinan haciendo el cruce de información de los mapas UGI y geomorfología, los cuales han sido ajustados con la información de la exploración y ensayos de laboratorio, clasificando también las UGI como se muestra a continuación:

Tabla 1. Clasificación del Espesor de Suelo

ESPESOR DE SUELO (m)	DESCRIPCIÓN
>1,5	Muy Profundo
1,0-1,5	Profundo
0,5-1,0	Moderadamente Profundo
0,25-0,5	Superficial
<0,25	Muy Superficial

Con la clasificación aplicada en la zona de estudio, se define una malla con herramientas SIG donde se establezcan los valores de estratificación, profundidad y nivel de agua para las columnas de suelo y/o roca. Cada unidad geotécnica homogénea definida tendrá su respectivo modelo geológico-geotécnico a partir de la información geológica y geomorfológica, donde se definen:

- Pendiente del terreno
- Espesor del suelo y su variación
- Lito estratigrafía hasta el sustrato rocoso
- Posición del nivel freático

Con los insumos definidos en la página 35 de la guía, se delimitan las zonas homogéneas de análisis estableciendo para cada una de ellas su UGI, así como la influencia que tiene en cada una de estas los factores detonantes (Lluvia y sismo). Para el factor detonante lluvia se debe analizar la lluvia para un periodo de retorno de 20 años, se recomienda emplear la ecuación que define el Pf20 (página 52), así mismo para el factor sismo se debe determinar el factor k (coeficiente de aceleración para un periodo de retorno de 100 años) sin embargo esto se analizara a la luz de lo solicitado por el anexo técnico.

Posteriormente se debe definir si la unidad de análisis es una unidad de suelo o roca, en el caso de los suelos se aplicará la ecuación de talud infinito, referenciada en la página 57 de la guía metodológica del servicio geológico, la cual se puede aplicar empleando la función Raster Calculator del aplicativo ArcMap, para lo cual se deben rasterizar previamente la totalidad de variables que se encuentran dentro de la ecuación, los cuales se presentan a continuación:

$$FS = \frac{(c' b \sec \alpha + (\gamma b h \cos \alpha - k \gamma b h \sin \alpha - \gamma_w h_w \cos^2 \alpha) \tan \Phi')}{\gamma b h \sin \alpha + k \gamma b h \cos \alpha} \quad (3-9)$$

Donde

c' y Φ' son los parámetros de resistencia del suelo en la base de la columna de suelo, en término de esfuerzos efectivos.

γ es el peso unitario del suelo.

b es el ancho de la tajada (ancho de la celda).

h es la altura de suelo por encima de la superficie potencial de deslizamiento.

γ_w es el peso unitario del agua.

h_w es la altura de la lámina de agua, determinada a partir del nivel freático correspondiente a una lluvia de 20 años de periodo de retorno.

α es el ángulo de inclinación de la superficie de falla.

k es el coeficiente de aceleración horizontal para un periodo de retorno de 100 años.

Los parámetros c' y $\tan(\Phi')$ deben ser los valores medios obtenidos de ensayos de laboratorio para la unidad geotécnica definida. La profundidad de la superficie de falla se toma como la profundidad del suelo o la profundidad hasta el contacto entre dos unidades de diferente comportamiento mecánico. El ángulo α se puede asumir como el ángulo de la superficie del terreno en la celda. Seguidamente se ilustran los parámetros antes indicados (figura 3-4).

Ahora bien, para la clasificación de amenaza se define a partir de en el factor de seguridad en el caso de los suelos, de esa forma se establecen tres niveles de amenaza ante deslizamiento, los cuales son alto, medio y bajo. Finalmente, con los valores de factor de seguridad y los criterios de clasificación de la tabla 3-11 de la página 60 de la guía del SGC, se tiene la representación del nivel de amenaza en la zona de estudio, donde se incluye la respectiva leyenda y/o convención con las características físicas de cada unidad según la categoría establecida, los procesos predominantes y los daños que pudieran ocasionar.

En caso de no poder aplicar algún aspecto de la metodología anteriormente descrita se concertará con interventoría e IDIGER el aspecto particular.

En caso de requerir la metodología a aplicar en las unidades de roca se empleará la metodología correspondiente al SMR

5 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

5.1 GENERALIDADES LOCALIDAD SUMAPAZ:

La localidad de Sumapaz, se encuentra ubicada sobre la cordillera Oriental, entre la altitud de 2400 y 4100 msnm. Esta localidad representa el 70% del Territorio de la ciudad de Bogotá, dicha localidad limita al Norte con el Alto de los Tunjos, Boca Grande y las localidades de Usme y Ciudad Bolívar. Al sur limita con el Alto de las Oseras y con el Departamento del Huila, al oriente con el Alto de las Oseras y con el Departamento del Meta. Al Occidente con los límites del departamento del Huila y el Alto de Los Juncos.

De acuerdo con el plan local de gestión del riesgo y cambio climático CLGR-CC para la localidad de Sumapaz, publicado en la base de datos del IDIGER, se destaca que Actualmente la Localidad se divide en dos UPR's (Unidades de Planeación Rural) la UPR Rio Blanco y la UPR Rio Sumapaz, tiene cinco centros poblados con vivienda consolidada que son: Betania, Nazareth, San Juan, La Unión y Nueva Granada y pequeñas agrupaciones de viviendas ubicadas en las veredas de Santa Ana, Tunal Bajo, Tunal Alto y la Concepción, cuenta con zonas de uso como áreas para la producción sostenible, clasificadas así: 5 áreas para la producción sostenible de alta capacidad; 20 áreas para la producción sostenible de alta fragilidad y 6 áreas para la producción sostenible de manejo especial. (POT, 2004).

5.1.1 GEOMORFOLOGIA

De acuerdo con el plan local de gestión del riesgo y cambio climático CLGR-CC del año 2019, se describe que "...La Cordillera Oriental ha estado sometida a una intensa erosión que ha afectado durante millones de años sus estructuras mayores. Las glaciaciones del Pleistoceno-Holoceno condujeron al cambio en las condiciones climáticas y ayudaron a configurar las formas actuales del área de estudio. Desde el punto de vista morfogénico, los elementos geomorfológicos encontradas en el área pueden clasificarse en tres categorías mayores: unidades de origen glacial/periglacial, las de origen estructural / denudacional y las de origen fluvial..." (Pág. 10)

5.1.1.1 Unidades de Origen Glaciar – Periglaciar:

En el plan de Gestión del riesgo y cambio climático CLGR-CC del año 2019, se destaca que los principales rasgos que se encuentran sobre la zona, son los valles en U, los circos glaciares (constituyen a las estructuras que se encuentran formando escarpes con paredes que tienen forma casi vertical (Rocas duras) o escalonada (Rocas blandas)), las morrenas (que corresponden a los materiales arrastrados por los glaciares y están formados por rocas



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



angulosas) y los depósitos fluvio-glaciares (que se forman debido al descongelamiento de los glaciares que fueron transportados y acumulados por el acción del agua). En algunos puntos específicos de la localidad, es posible encontrar procesos de intervención antrópica, los cuales generan que las áreas presenten un alto grado de susceptibilidad a la formación de surcos y a la remisión de masas de la zona.

5.1.1.2 Unidades de Origen Fluvial:

En esta unidad, es posible destacar las terrazas bajas, asociadas a ríos y quebradas, las cuales se desarrollan como causa del descongelamiento de volúmenes de agua, Para la zona de estudio, esta unidad se encuentra escaza debido a su topografía.

5.1.1.3 Unidades de origen estructural-denudacional

Para el nodo el Raizal, esta unidad está representada por largas cuchillas, donde es posible encontrar los escarpes, depresiones sobre los núcleos anticlinales y sinclinales erosionados, planchas estructurales, superficies con pendientes fuertes sobre lutitas, entre otros. En la siguiente figura, se ilustra en color morado la extensión estructural para la localidad de Sumapaz y para el nodo el raizal.

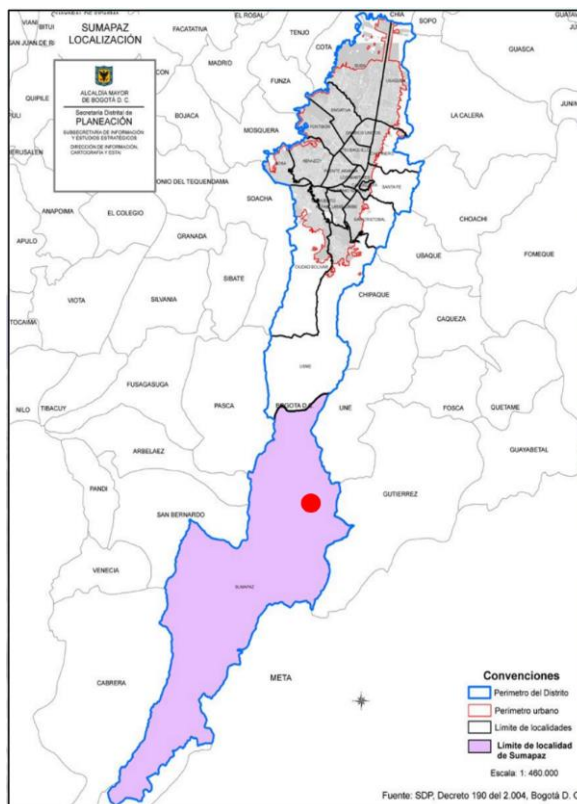


Figura 4. Localización área Sumapaz y nodo el Raizal.

Fuente: (IDIGER, 2017)

De acuerdo con la información suministrada por el IDECA, para el nodo el Raizal la geología encontrada corresponde a Rb6(K2cp), la descripción de esta geología se puede observar en el numeral 3.2.6 del presente informe. Así mismo la geomorfología para este polígono corresponde a Scle (Ladera estructural de cuevas denudadas y residuales), en el numeral 3.2.7 del presente informe se presenta información más amplia para esta geomorfología.

5.2 GENERALIDADES LOCALIDAD SUMAPAZ

La localidad de Sumapaz, se encuentra ubicada sobre la cordillera Oriental, entre una altitud de 2400 y 4100 msnm. Esta localidad representa el 70% del Territorio de la ciudad de Bogotá, dicha localidad limita al Norte con el Alto de los Tunjos, Boca Grande y las localidades de Usme y Ciudad Bolívar. Al sur limita con el Alto de las Oseras y con el Departamento del Huila, al oriente con el Alto de las Oseras y con el Departamento del Meta. Al Occidente con los límites del departamento del Huila y el Alto de Los Juncos.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



De acuerdo con el plan local de gestión del riesgo y cambio climático CLGR-CC para la localidad de Sumapaz, publicado en la base de datos del IDIGER, se destaca que Actualmente la Localidad se divide en dos UPR's (Unidades de Planeación Rural) la UPR Rio Blanco y la UPR Rio Sumapaz, tiene cinco centros poblados con vivienda consolidada que son: Betania, Nazareth, San Juan, La Unión y Nueva Granada y pequeñas agrupaciones de viviendas ubicadas en las veredas de Santa Ana, Tunal Bajo, Raizal y la Concepción, cuenta con zonas de uso como áreas para la producción sostenible, clasificadas así: 5 áreas para la producción sostenible de alta capacidad; 20 áreas para la producción sostenible de alta fragilidad y 6 áreas para la producción sostenible de manejo especial. (POT, 2004).

5.3 CUENCA RIO BLANCO

Como primer ítem, es necesario destacar que a lo largo de la localidad Sumapaz, es posible encontrar la cuenca del Rio Sumapaz y la Cuenca de Rio Blanco, donde por medio del plan local de gestión del riesgo y cambio climático CLGR-CC del año 2019, el nodo El Raizal se encuentra ubicado en la cuenca del rio Blanco, tal como se muestra en la siguiente figura, además, es importante mencionar que para la información secundaria se tiene en cuenta dicha Cuenca para realizar los análisis requeridos en el presente informe.

Para el nodo el Raizal existe la presencia la cuenca rio Blanco, el cual se puede evidenciar en el plano anexo y la información desarrollada a lo largo del informe.

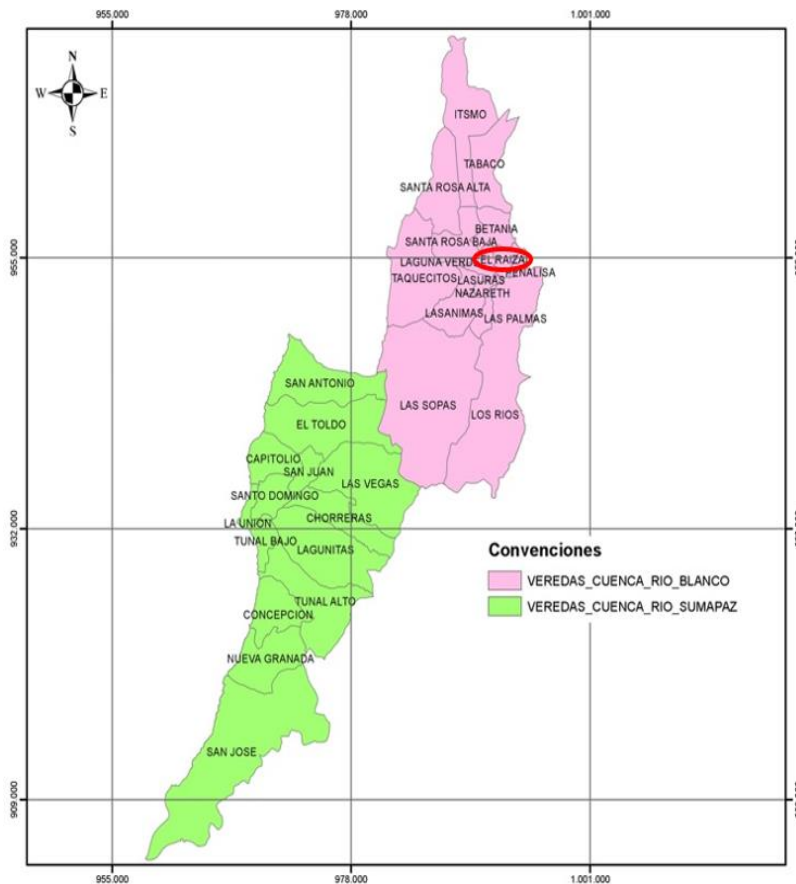


Figura 5. Ubicación del Nodo El Raizal.
Fuente: IDIGER

En el polígono de estudio se encuentra presente una micro cuenca la cual tiene como nombre quebrada Peña Blanca, esta quebrada se ubica al costado sur occidente del polígono. En la siguiente imagen se puede observar con mejor claridad la ubicación de esta.

Como se menciona anteriormente, el nodo El Raizal se ubica a lo largo de la Cuenca del rio Blanco, por lo cual se puede destacar:

5.3.1 Suelos

Para la zona, los suelos en la franja del páramo son profundos a superficiales, bien drenados, con excepción a los existentes en el área con características plano- cóncavas, ya que esta alguna vez fueron pequeñas lagunas de origen glaciar. El sector con suelo escarpado está conformado por suelos del subgrupo Dystrocryepts típicos y hemáticos, también hay presencia de algunos afloramientos rocosos. Las rocas más antiguas presentes en la zona,

corresponden a un conjunto de sales intercalados con areniscas y algunos bancos de caliza, hacia el norte y en la ladera izquierda del río Santa Rosa se presentan depósitos coluviales arcillosos. El relieve que caracteriza esta zona es de alta montaña, las cuales se encuentran desarrolladas sobre rocas sedimentarias, rocas ígneas y metamórficas. Para la zona se constituyen diferentes formaciones geológicas como lo son:

- Formaciones Chipaque (Kch)
- Depósitos coluviales (Qcl)
- Formación Guaduas (K2p1g)

5.3.2 Pendientes Localidad Sumapaz- Cuenca río Blanco

Para la zona se presentan pendientes que van desde los doce grados de inclinación hasta los cincuenta grados, a continuación, se presenta de manera detallada los tipos de relieve que se presentan.

GRADOS	RELIEVE	ÁREA	PORCENTAJE
0-3	Ligeramente plano	188,56 ha	3,64%
3-7	Ligeramente ondulado	483,62 ha	9,33%
7-15	Moderadamente ondulado	2960,57 ha	57,13%
15-30	Quebrado	895,81 ha	17,29%
30-50	Fuertemente quebrado	16,24 ha	0,31%
50-75	Escarpado	204,44 ha	3,95%
< 75	Muy escarpado	432,71 ha	8,35%

Figura 6. Pendientes de la localidad de Sumapaz- Cuenca Río Blanco.
Fuente (IDIGER, 2017)

El 57.13% de porcentaje del territorio corresponde a un relieve moderado ondulado y en un 3.64% el terreno es ligeramente plano.

5.3.3 Clima

Como se mencionaba anteriormente, el clima para la zona es frío, las lagunas se encuentran a una temperatura promedio de 4.4 °C, los meses con más lluvia son abril, octubre y noviembre y los de verano son enero y diciembre, de acuerdo con la información del IGAC, la precipitación total anual es 757,7 mm y el promedio mensual multianual es 63,1mm y por último el periodo más seco es de diciembre a marzo con 17.6 mm.

Clima	Precipitación	Temperatura	Rango de Precisión	Rango de Temperatura	Rango de Altura	Area (Ha)	%
Frío Seco	Seco	Frío	1001 - 2000 mm	12° - 18°C	1801-2800 msnm	1538,66	2,00
Muy Frío Seco	Seco	Muy Frío	1001 - 2000 mm	6° - 12°C	2801-3700 msnm	43124,05	56,07
Extremadamente Frío Seco	Seco	Extremadamente Frío	1001 - 2000 mm	1.5° - 6°C	3701-4500 msnm	32243,93	41,93

Figura 7. Clima localidad Sumapaz.
 Fuente: (IDIGER, 2017)

5.4 DESCRIPCIÓN DE INFORMACIÓN NODO EL RAIZAL:

5.4.1 Amenaza

Según información suministrada en el mapa de “Amenazas por movimiento en masa para el área urbana y de expansión de Bogotá, escala 1:25.000” por el IDIGER, las amenazas prevalecientes con mayor porcentaje para el nodo el raizal es una amenaza alta, de igual forma observa zonas con amenaza media como se puede observar en la siguiente figura, la escala presentada en los planos es una escala de presentación de los mismos, con el fin de que se visualice de manera correcta el polígono de estudio.

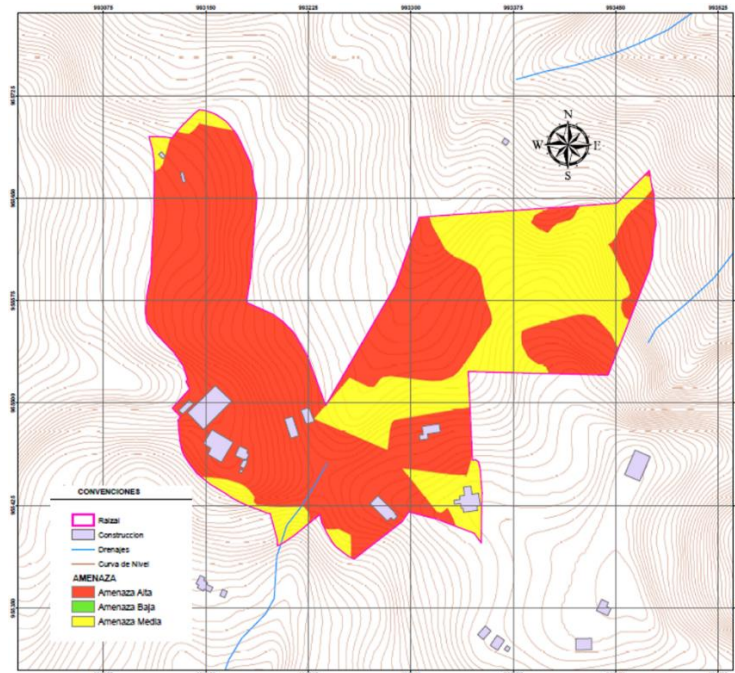


Figura 8. Amenaza del polígono Raizal, Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:750

Fuente: Adaptado por Geodinámica, Según datos proporcionados por el IDIGER

5.4.2 Pendientes Polígono Raizal

Las pendientes para el polígono de estudio, se analizan de acuerdo con la información Raster de pixel 0.5x0.5 suministrada por el IDIGER, donde de acuerdo con la resolución 471 de 2020 del IGAC el tamaño de pixel es equivalente a una escala de trabajo 1:5.000. Teniendo en cuenta lo indicado anteriormente, las pendientes se encuentran entre el 3 al 50%, tal como se observar en la siguiente figura.

Tabla 2. Productos y nivel de detalle

Denominación de producto	Base de datos cartográfica (vectorial) Escala	Denominación de producto	Ortoimágenes GSD (cm)	Denominación de producto	Modelos digitales de terreno Grilla/Malla (m)
Carto1000	1:1000	Orto10	10	MDT1	1
Carto2000	1: 2000	Orto20	20	MDT2	2
Carto5000	1: 5000	Orto50	50	MDT5	5
Carto10000	1:10000	Orto100	100	MDT10	10
Carto25000	1:25000	Orto250	250	MDT25	25

Figura 9. Niveles de detalle
Fuente: IGAC

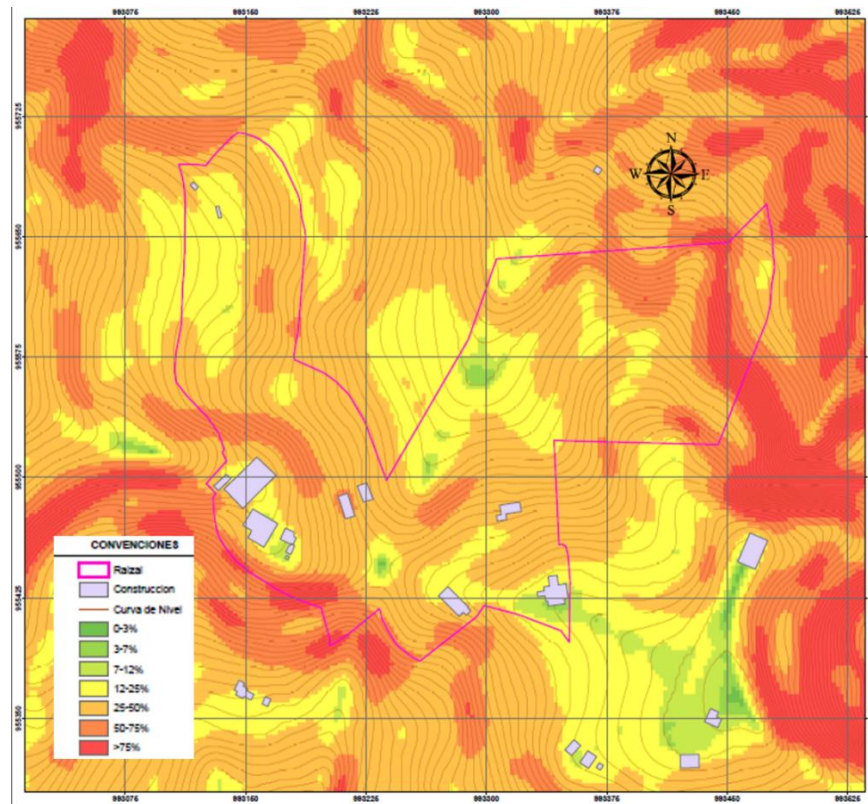


Figura 10. Pendientes del polígono Raizal. Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:750

Fuente: Adaptado por Geodinámica, Según datos suministrados por el IDIGER

5.4.3 Precipitación

Teniendo en cuenta la información suministrada por el IDEAM, en el mapa Coberturas del suelo y Precipitaciones anuales para Colombia, escala 1:100.000, las precipitaciones para el polígono de estudio Raizal, se encuentra entre 500 y 1000 mm, estas precipitaciones fueron definidas mediante el uso del SHP de precipitaciones del mapa anteriormente mencionado, ya que para la zona no se encontraron estaciones cercanas impidiendo el uso de estas.

La escala presentada en los planos es una escala de presentación de los mismos, con el fin de que se visualice de manera correcta el polígono de estudio.

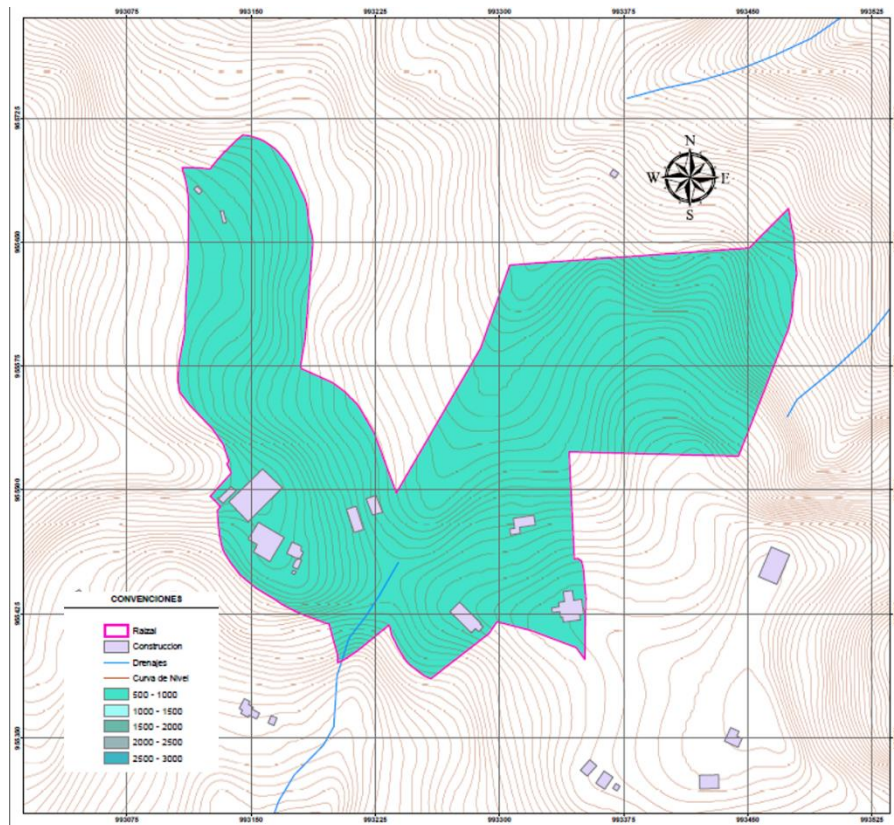


Figura 11. Precipitación del polígono Raizal. Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:1.000

Fuente: Adaptado por Geodinámica, Según datos suministrados por el IDIGER E IDEAM

5.4.4 Hidrogeología

A partir de la información consultada en diversas fuentes (IDEAM, CAR, SGC, Alcaldía Sumapaz) se hace la respectiva caracterización hidrogeológica para la zona de estudio. En primer lugar, se toma como referencia la zonificación establecida por el IDEAM en el año 2010, basada en las principales cuencas hidrográficas del país; de esta manera, el polígono de estudio está localizado en la cuenca de la cordillera oriental.

Con la identificación de zona hidrogeológica del nodo Raizal, se consultan las características de dicha zona, donde es posible encontrar afloramientos de rocas del Cretáceo y del Terciario, además de depósitos del cuaternario de origen glacial, aluvial y coluvial; las rocas se caracterizan por ser permeables, a excepción de formaciones arcillolita y lodolitas y rocas calcáreas, las cuales a causa de la disolución son elementos importantes en acuíferos. (CAR, 2003)

En términos generales, la zona de estudio presenta las siguientes unidades hidrogeológicas:

- Sedimentos y Rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico están representados por rocas de los Grupos Guadalupe y Guaguaqui, y los niveles de areniscas entre otras formaciones como la formación Fusa. Depósitos de terrazas que ocupan gran extensión de la cuenca y depósitos aluviales en general que conforman acuíferos libres.
- Rocas con porosidad primaria y secundaria de interés hidrogeológico. Asociados a zonas de diversos tipos de roca con afectación tectónica por sistemas de fallas y diaclasas de amplia extensión dentro de la cuenca.

	UNIDAD	LITOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
ESTRATIGRAFÍA DEL BLOQUE DE LA SABANA DE BOGOTÁ			
Mesozoico	Formación Une (Kiu)	Areniscas masivas y areniscas deleznales.	Buenas condiciones de permeabilidad dentro de la sabana de Bogotá, conforman unidades de alta importancia hidrogeológica.
	Formación Chipaque (Ksc)	Lodolitas negras con intercalaciones de arcillolitas.	Baja importancia hidrogeológica.
	Gr. Guadalupe (Ksg)	Areniscas masivas y areniscas deleznales.	Buenas condiciones de permeabilidad dentro de la sabana de Bogotá, conforman unidades de alta importancia hidrogeológica.
Terciario	Fm Guaduas (KPgg)	Arcillolitas laminadas a no laminadas, grises claras y abigarradas, con intercalaciones de cuarzoarenitas	Predominio de niveles de arcillositas de baja permeabilidad unidades de baja importancia hidrogeológica.
	Formación Fusa (Pgf)	Sedimentos arcilloarenosos con niveles de limolitas moderadamente fracturadas.	Moderada importancia hidrogeológica.
Cuaternario	Depósitos Aluviales (Qal) Depósitos Fluvioglaciares (Qf)		Moderada a alta importancia hidrogeológica especialmente para los acuíferos libres o in confinados.

Tabla 2. Caracterización Hidrogeológica
Fuente: (CAR, 2003)

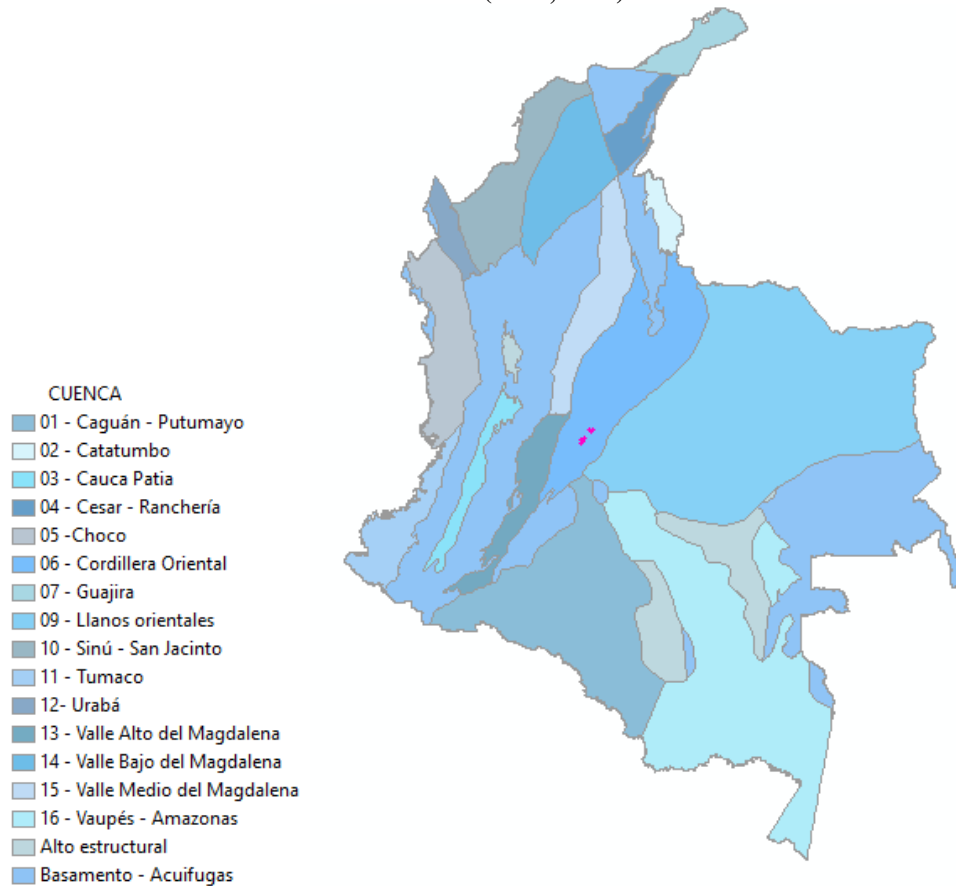


Figura 12. Zonificación Hidrogeológica-Nodo Raizal
Fuente: IDEAM

5.4.5 Estudios previos

Con el fin de obtener información de estudios anteriores e histórico de eventos ocurridos que sirvan como base de consulta para el desarrollo de la caracterización de escenarios de riesgo, y con lo cual, se priorizara y jerarquizara las amenazas por movimiento en masa en el nodo de estudio; por lo tanto, se realiza la respectiva búsqueda de información en diferentes bases de datos asociadas a la gestión de riesgos y prevención de desastres; las bases de datos consultadas fueron DESINVENTAR, SIMMA, Unidad de Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres-UNGRD y reportes generados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR. No obstante, una vez consultadas las diferentes bases de datos se encontró con falta de información en la zona de estudio o cercana a la misma.

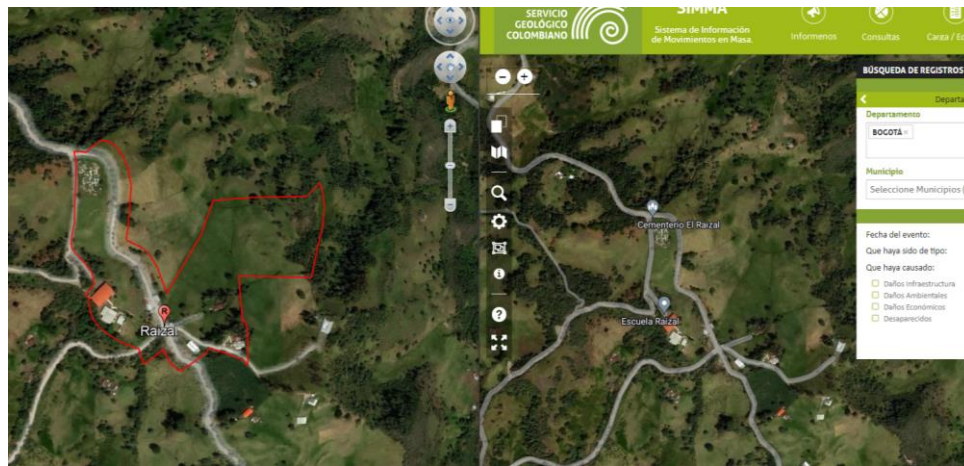


Figura 13. Consulta de Histórico de Eventos-Nodo Raizal
 Fuente: SIMMA

- **Diagnósticos técnicos**

- 1. Diagnostico Técnico No 5575**

La subdirección de Emergencia, el día 30 de junio del 2011, atiende reporte echo por la Junta de Acción Comunal el Raizal para el predio ubicado en la vereda el Raizal- Escuela Jaime Garzón de la localidad 20 de Sumapaz, el cual presenta daños estructurales impidiendo el uso de esta ya que en corto plazo se puede presentar un colapso parcial o total.

En esta visita se observó que, en el costado noroccidente del colegio Jaime Garzón, se observa un muro de dimensiones de 1,5 m de largo y 2 m de alto, el cual presenta una fisura con una dilatación entre 1 y 2 mm y tendencia horizontal; El apoyo de este es una viga y columna la cual presenta una deficiencia estructural relacionada con el tipo de materiales usados para la construcción del mismo y se resalta la carencia de cimentación, comprometiendo la estabilidad y funcionamiento de la estructura, ante la acción de cargas normales de servicio y haciendo la estructura vulnerable a cargas dinámicas.

Adicionalmente se observó la existencia de un muro de contención construido en contrato con dimensiones aproximadas de 3 m de altura y 12 de longitud, el cual no presenta ningún tipo de afectación ni se evidencia ningún tipo de patología en el terreno que sugiera la presencia de fenómenos de remoción en masa activos de carácter general ni local.

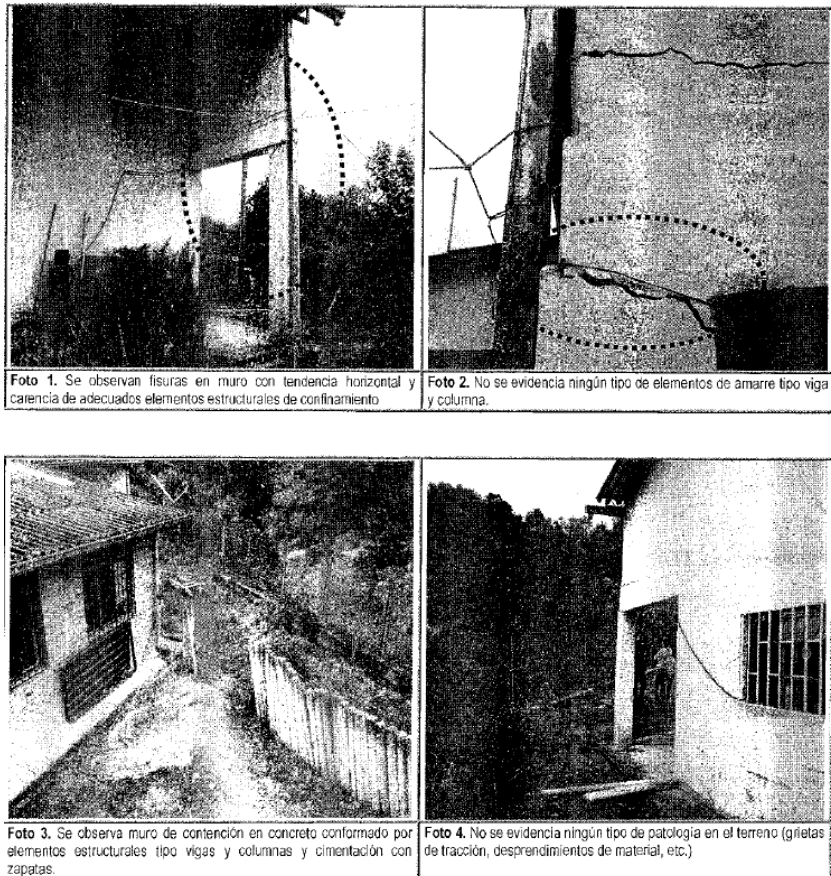


Figura 14. Daños estructurales presentes en el Colegio Jaime Garzón
Fuente: Subdirección de Emergencias

En la visita se recomienda que, si bien la totalidad de la estructura del colegio no se encuentra comprometida en el corto plazo ante cargas normales de servicio, se debe restringir el uso del costado noroccidental debido al compromiso en la estabilidad y funcionalidad en el corto plazo ante las cargas normales de servicio.

Así mismo se recomienda que si se realizan intervenciones, esta se desarrolle bajo la reglamentación urbanística definida para la Vereda el Raizal. En caso de no existir restricciones y/o condiciones al uso del suelo para el predio evaluado, las intervenciones que se vayan a realizar deben contar con el apoyo del personal idóneo, para garantizar que se cumplan con los requerimientos establecidos en el Decreto No. 926 del 19 de marzo del 2010.

2. Diagnostico Técnico No 10882

La Subdirección de Análisis de Riesgo y Efectos de Cambio Climático, el 23 de mayo del 2017, atiende la solicitud de la alcaldía de Sumapaz y visitan el predio de la Señora María Irene Ramírez, Vereda el Raizal, en el cual se ubica una vivienda de un nivel construida en mampostería simple con pisos en mortero y cubierta en tejas, la cual se encuentra vulnerable por la presencia de un talud de corte con pendiente de tendencia vertical con una altura entre 1m y 3m aproximadamente sin medidas de estabilización ni sistemas para el manejo de aguas de escorrentía provenientes de la parte de la ladera, desde el cual se presentó un desprendimiento de material, conformado por coberturas vegetales y suelos residuales, el cual involucra un volumen de 4 m² que se depositó entre el talud y los cerramientos de la vivienda ubicados en el costado norte donde se encuentra una habitación y un cuarto donde se almacenan víveres.

A continuación, se presentan fotografías tomadas en la visita donde se puede evidenciar el movimiento en más que se presenta al costado norte de la vivienda.



Figura 15. Localización de la vivienda de la señora María Irene Ramírez.

Fuente: Subdirección de Emergencias

3. Diagnostico Técnico No 10998

La subdirección de Análisis de Riesgo y Efectos de Cambio Climático, en atención a la solicitud realizada por la alcaldía local de Sumapaz, realiza la verificación con base en una inspección visual, aplicando la metodología establecida para este tipo de procedimiento, con el objeto de valorar el grado de afectación de las edificaciones, que permiten establecer el

compromiso de estabilidad y funcionalidad de las mismas, a fin de identificar predios y/o viviendas inseguras.

El predio a intervenir tiene como coordenadas N-4.133211 O-74.085341, N-4.115233 O-74.082998, donde habitan las familias del señor Adelmo Pabón y la señora María Baquero.



Figura 16. Localización de las viviendas afectadas

La vivienda del señor Adelmo Pabón, se encuentra en un sector a media ladera de pendiente aproximadamente de 30°, con coberturas vegetales de pastizales y algunos árboles de más de 5 m de altura. En la zona no se evidencian movimientos en masa. Se presentan daños al interior de la vivienda los cuales no son posibles de corroborar debido a que no fue posible ingresar al mismo, pero al verificar desde el exterior no se evidencian daños significativos que indiquen un compromiso en la habitabilidad de la vivienda.

La vivienda de la señora María Baquero, es de un nivel en mampostería simple y se encuentra en un sector a media ladera de pendiente aproximada de 40°, con coberturas vegetales de pastizales y algunos árboles de 4m de altura. Para el emplazamiento de la vivienda se realiza un talud de corte de aproximadamente 2m de altura y una longitud cercana a los 5m, donde no se evidencian medidas de protección sobre el talud, sin embargo, no se observan posibles desprendimientos de material.

4. Diagnostico Técnico No 7070

La Subdirección de Análisis y Mitigación de Riesgo, en atención a la solicitud realizada por la Alcaldía local de Sumapaz el 02 de noviembre de 2013, para la vereda el Raizal, se evidencio un proceso de remoción en masa de carácter general en una ladera cubierta de pastos, arbustos e individuos arbóreos de menor altura, así mismo se presenta una pendiente



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



cercana a los 45° , la cual está ubicada en el punto de latitud $4^\circ 11' 29.1''$ y longitud $74^\circ 8' 31.0''$. El proceso de remoción en masa identificado involucro un volumen de masa inestable cercana a los 11 m^3 , compuesto por suelos residuales y coberturas vegetal, en donde parte del material se depositó en un tramo de 40m aproximadamente, sobre la banca de la vía que conduce del centro poblado de Betania al centro poblado de Nazareth.

Así mismo se notó que hacia la corona del proceso de remoción en masa se identificó un escarpe entre 1 y 3 m en una longitud de 20m aproximadamente, así como algunas grietas de tracción con abertura de 10cm. Hacia el costado Sur del proceso de remoción en masa se observó a la altura del km 5.2, un emplazamiento de una vivienda correspondiente a la finca el Pepino y allí habita dueño de este con su familia. Esta edificación es de un nivel construida en bahareque y mampostería simple, pisos de mortero y terreno natural y cubierta en teja de zinc.

Se analiza que las posibles causas por las cuales se generó el proceso de remoción en masa evaluado y ubicado en el punto de latitud $4^\circ 11' 29.1''$ y longitud $74^\circ 8' 31.0''$, en la vereda el Raizal se debe a la carencia de medidas de estabilización y sistemas para el manejo de la escorrentía superficial y subsuperficial sobre la ladera evaluada, así como la pendiente natural del terreno y la susceptibilidad de los materiales que lo conforman a ser movilizados ante saturación del mismo.

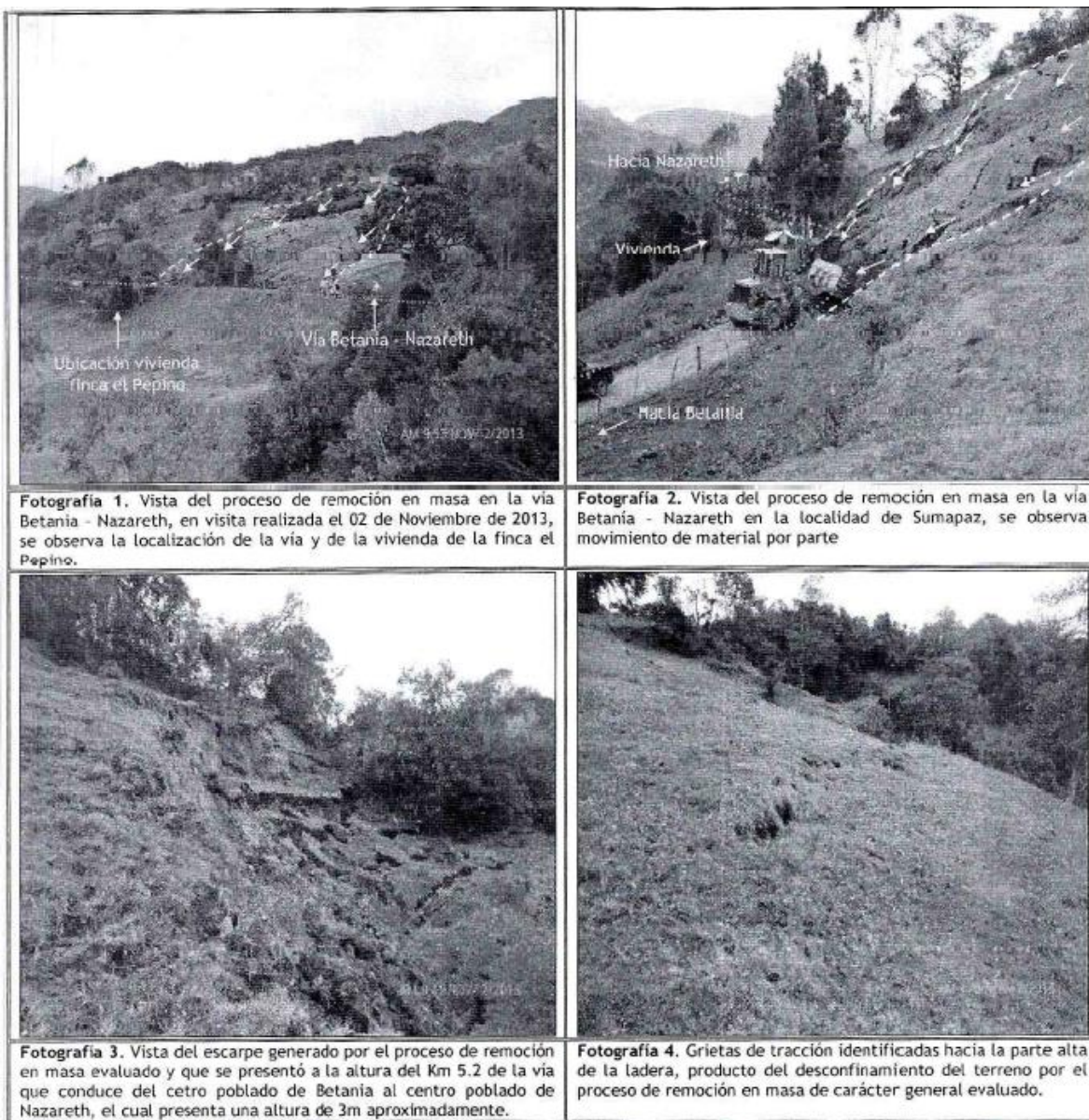


Figura 17. Deslizamiento presente en la zona
Fuente. IDIGER

5. Diagnostico Técnico No 15900

El sector evaluado se encuentra en la vereda el Raizal el 26 de mayo del 2021 por el personal del Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático IDIGER, se realiza visita técnica al tramo vial correspondiente al Kilómetro 5.2 vía Betania – Nazareth, en las coordenadas 4°11'27.63 N, 74°8'31.91 W, donde se observa sobre la ladera un trasado vial

que tiene una altura cercana a 50m y una pendiente que hacia la parte alta se encuentra alrededor de los 35° y hacia la parte baja se suaviza alcanzando aproximadamente los 15°.

El tramo vial presenta un alineamiento curvilíneo con tramos rectos y con un ancho de banca promedio de 6m, carente de medidas para el manejo del drenaje superficial y subsuperficial, con una estructura en pavimento flexible.

Adicionalmente se hicieron cortes en el talud y una estructura temporal de recolección de aguas lluvias en la corona de este, sin embargo y debido a la geología del terreno correspondiente a lutitas negras, las medidas adoptadas fueron insuficientes, por lo que posiblemente se originó un movimiento en masa de aproximadamente 500m³, contenido en su mayoría por el muro en gaviones.

Las posibles causas de este fenómeno se deben a la ausencia de protección y/o manejo adecuado de aguas de escorrentía superficial y subsuperficial en la zona sur del talud de corte y relleno localizado en el Km 5.2 de la vía Betania- Nazareth.

5.4.6 Información secundaria

- IDU:

De acuerdo a la información suministrada por el IDU, dan respuesta a lo solicitado así:

1. *Estado o diagnóstico de la malla vial, inventario de la infraestructura vial, reservas de CIVS por parte de la entidad para la futura ejecución de proyectos, estudios o intervenciones realizados por la entidad en el polígono de estudio.*

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la entidad para la evaluación vial, se presenta la siguiente información para la discriminación por cada sector así:

Tabla 3. Estado y diagnóstico de la malla vial e inventario de infraestructura

Loc	Sector	CIV	PK_ID Calzada	Tipo Índice	Clasificación	Índice 2022-II	Estado 2022-II
20	RAIZAL	20031003	91027752	PCI	Malla Vial Rural	28	MUY POBRE
20	RAIZAL	20032001	91027823	URCI	Malla Vial Principal Rural	72	SATISFACTORIO
20	RAIZAL	20076272	91027824	URCI	Malla Vial Rural	28	MUY POBRE
20	RAIZAL	20033001	91027966	URCI	Malla Vial Principal Rural	94	BUENO
20	RAIZAL	20031002	91028056	PCI	Malla Vial Rural	33	MUY POBRE

Fuente: (IDU, 2023)

Con respecto a la reserva de CIV, se destaca que el SIGIDU centraliza y dispone la información geográfica para los procesos de planeación, ejecución y seguimiento para los proyectos a cargo del IDU. Teniendo en cuenta el estado de la malla vial se procede a generar

la selección de los elementos de la malla vial existente dentro de los polígonos, de lo cual se tiene:

Tabla 4. Reserva de CIV para el Raizal

Loc	Sector	CIV	Elemento	Tipo Elemento	Contrato	Estado	Intervención	Entidad
20	RAIZAL	20033001	91027966	Calzada	IDU-1576-2019	Terminado	Mantenimiento Periódico	IDU
20	RAIZAL	20032001	91027823	Calzada	COP-95-2016	En Ejecución	Mantenimiento Periódico	FDL SUMAPAZ

Fuente: (IDU, 2023)

A continuación, se presentan algunos elementos viales que están dentro de los nodos de estudio, pero que no cuentan con reserva de ninguna entidad dentro de la base de datos SIGIDU.

Tabla 5. Elementos viales que se encuentran dentro del nodo el Raizal

Loc	Sector	CIV	Elemento	Tipo Elemento
20	RAIZAL	20031003	91027752	Calzada
20	RAIZAL	20076272	91027824	Calzada
20	RAIZAL	20031002	91028056	Calzada

Fuente: IDU

- **Futura Ejecución De Proyectos Dentro Del Polígono:**

Teniendo en cuenta el desarrollo de malla vial arterial, en el numeral 1.2 Programa para descarbonizar la movilidad, el libro V “Programas y Proyectos” del Documento Técnico de Soporte del POT de Bogotá, el Acuerdo 523 de julio 8 de 2013, entre otros proyectos, el IDU presenta un listado de obras de los cuales se realizó la revisión y se determinó que para los polígonos no se detectaron proyectos de malla vial arterial que actualmente interfieran con el desarrollo del contrato.

- **EPM:**

No se presenta ningún activo de EPM que lo cruce o estos contenidos en ellos. (EMP, s.f.)

- **Secretaria del Hábitat**

En atención a las solicitudes realizadas a la secretaria del hábitat, donde se solicita información sobre el estado actual y caracterización de la infraestructura para los polígonos de estudio, uso y coberturas del suelo dentro de los polígonos de estudio, programación y proyectos de la Secretaria Distrital del Hábitat que se estén ejecutando o se planee su ejecución, información sobre el estado de servicios públicos domiciliarios, información sobre reasentamiento de los predios en el polígono de estudio y Shapes y planos con información recopilada por la Secretaria Distrital Del Habitar, se obtiene como respuesta, lo siguiente para el nodo Tunal Alto.

- 1 Programas y proyectos que la secretaria Distrital del Hábitat haya o este ejecutando al cualmente o planee ejecutar.

SDOperaciones			
Radicado	Polígono	Competencia o no de Proyecto (Si sí aplica, Indicar No. de Proyecto. Si no aplica, poner N.A)	Si sí aplica, poner objetivo del proyecto
1-2022-52467	Tunal Alto	NA	NA

Figura 18. Programación y Proyectos secretaria Distrital del Hábitat
Fuente: secretaria del Hábitat

- 2 Información sobre el estado de los servicios públicos domiciliarios
 - ✓ No se evidencian redes o infraestructura de servicio de Gas Natural de la empresa Vanti S.A - E.S.P.
 - ✓ En relación a los servicios de electricidad, se presenta superposición con la infraestructura de redes de Media Tensión I de la empresa Enel- Codensa.
 - ✓ En relación con el servicio de Acueducto, se presenta superposición con áreas de prestación de servicios de acueducto comunitarios tal como se observa en la siguiente figura.

Es importante señalar que la información en formato *.shp de las empresas de servicios públicos, cuenta con restricciones de uso y confidencialidad, por lo que esta información solo es usada para consulta. Sin embargo, se envían algunas imágenes anexas de la consulta realizada a continuación:

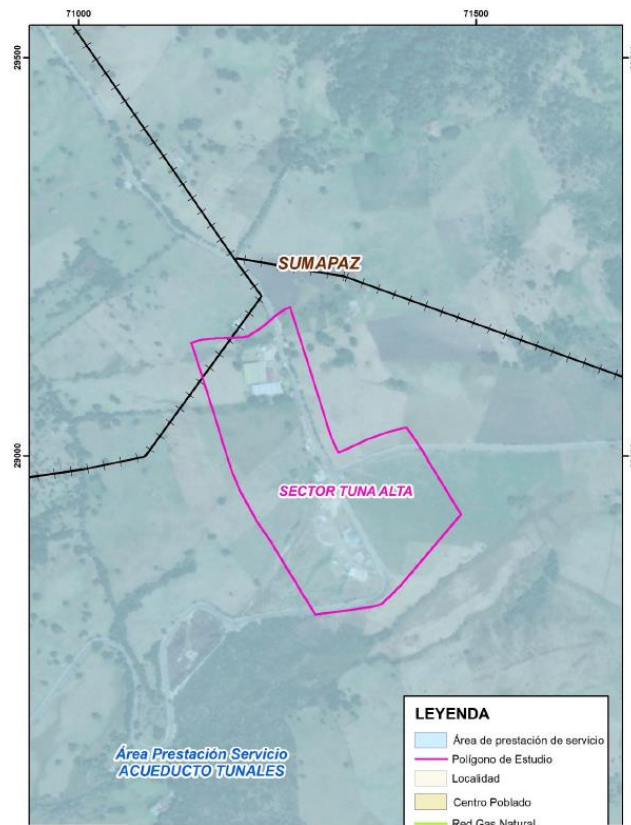


Figura 19. Prestación de Servicios ACUEDUCTO TUNALES
 Fuente: secretaria del Hábitat

- Departamento Administrativo De La Defensoría Del Espacio Público (DADEP)**

En respuesta al radicado No. 2022-400-031090-2 de 27-12-202, el Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público informa que al interior del polígono se ubica un predio fiscal de propiedad del Distrito Capital identificado con RUPI (Registro Único del Patrimonio Inmobiliario)

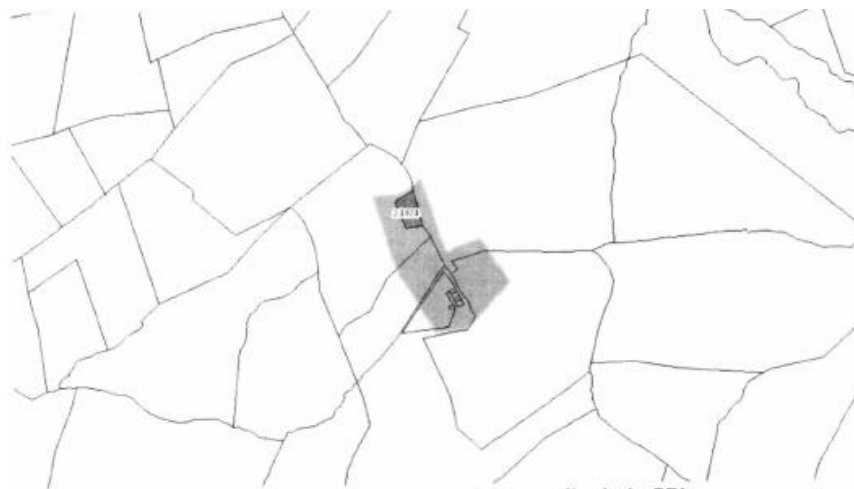



Figura 20. Comprobación de predios públicos en el polígono de estudio.
Fuente: Montaje realizado por el grupo de Cartografía de la SRI

El predio fiscal con RUPI 2-1824, tiene como uso específico el de ESCUELA MARIA AUXILIADORA, cuyo terreno fue adjudicado al Distrito Capital por el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER - mediante Resolución No. 1942 del 12 de julio de 2010, registrada en el folio de matrícula inmobiliaria No. 505-40553196 con un área superficial de 3916.00 M2. Catastralmente, el predio se encuentra incorporado con el Chip AAA0257CWMS, cedula catastral 109109006300000000, nomenclatura ESCUELA MARIA AUXILIADORA de la localidad de Sumapaz.



Figura 21. Localización del predio con RUPI 2-1824
Fuente: SIGDEP 2023

INFORMACIÓN CATASTRAL				LOCALIZACIÓN CARTOGRAFICA		
<small>(Fuente: Sistema de Información Catastral - Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital - UAECUD)</small>						
NOMENCLATURA	ESCUELA MARIA AUXILIADORA					
LOCALIDAD	Sumapaz					
BARRIO CATASTRAL	109109 Tunal Alto					
CÓDIGO DE SECTOR	109109006300009000					
CÓDIGO CHIP	AAA0257CVMS					
INFORMACIÓN URBANÍSTICA						
<small>(Fuente: Secretaría Distrital de Planeación - SDP - Caracterización Urbana)</small>						
URBANIZACIÓN	FISCALES - No Aplica					
PLANO No	Predio Fiscal - No Aplica					
DOCUMENTO DE APROBACIÓN	FISCALES - No Aplica			Fuente: Mapa Digital -UAECD		
INFORMACIÓN DEL REGISTRO ÚNICO DEL PATRIMONIO INMOBILIARIO - RUPI					DESTINACIÓN	USO FISCAL
<small>(Fuente: Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público - DADEP)</small>						
CÓDIGO RUPI	No. URB.	2	PREDIO	1824	USO	Terrenos - Rurales - Escuela María Auxiliadora.
UBICACIÓN	ESCUELA MARIA AUXILIADORA			ÁREA (m2)	3916.0 según Folio No. 505-40553196	
ACTA	Acta de Entrega Número 62-13 del 20 de septiembre de 2013.			MOJONES	1,2,7,21,20,19,18,17,1	
DOCUMENTO DE TRANSFERENCIA	Resoluciones de Adjudicación Número 1942 del 12 de julio de 2010 de la ciudad de Bogotá emitidas por Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - Incodec			MATRÍCULA INMOBILIARIA	505-40553196	
OBSERVACIONES						
<p>Se advierte que con ocasión de la expedición del Decreto Distrital 555 de 2021, actualmente el Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público, se encuentra realizando el proceso de revisión, validación y ajuste de la información; en consecuencia, los datos contenidos en este reporte son meramente informativos y su aplicación debe ser corroborada con la autoridad competente.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El predio descrito se certifica como un BIEN FISCAL, PROPIEDAD DEL DISTRITO CAPITAL. 2. Los datos consignados son los que actualmente reposan en el Sistema de Información de la Defensoría del Espacio Público -SIDEPE y son meramente informativos, por lo que para todos los efectos de carácter escrituras públicas, planos, actas de recibo o de toma de posesión y licencias de urbanismo, construcción, ocupación e intervención del espacio público y demás documentos que para el efecto determine la ley, PARÁGRAFO 1: Con ocasión de la expedición del Decreto Distrital 555 de 2021, actualmente el Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público se encuentra realizando el proceso de revisión, validación y ajuste de la información en consecuencia, los datos contenidos en este reporte son meramente informativos y su aplicación debe ser corroborada con la autoridad competente. PARÁGRAFO 2: La inscripción en el Sistema de Información de la Defensoría del Espacio Público -SIDEPE, no constituye título de dominio ni sana los vicios que tengan la titulación o posesión. 3. La información consignada puede estar sujeta a cambios, ya que el DADEP en el marco de un proceso de diagnóstico, saneamiento y situación de la propiedad inmueble del Distrito Capital puede concretar ajustes, precisiones y modificaciones. 4. El interesado debe comunicar al DADEP cualquier omisión o error que observe en el registro de los documentos anotados. 5. La respuesta emitida se realiza con base en los datos de localización suministrados por el interesado. 6. El presente documento no es una autorización o licencia para intervenir en el predio descrito, ni para ejecutar construcciones, ampliaciones o remodelaciones, ni tampoco constituye permiso para obtener aprovechamiento económico del mismo, los cuales se deben adelantar ante las autoridades Distritales competentes. <p>El presente certificado tiene vigencia de Cero (0) meses a partir de la fecha de su expedición.</p>						

Cordialmente,

Figura 22. Certificación de bienes dl patrimonio inmobiliario distrital
Fuente. Sistema de Información Catastral- UEACD

- **Secretaria De Planeación**

En atención a la solicitud realizada a la secretaria de Planeación, por medio del radicado 1-2022-156446, el área de estudio coincide con el nodo de equipamientos rurales El Raizal, ubicado en la categoría de desarrollo restringido en suelo rural, subcategoría zonas para la localización de nodos de equipamiento rurales en la localidad del Distrito Capital de Bogotá. Este nodo de equipamiento se encuentra en el corredor de paramo Cruz verde- Sumapaz elemento de la estructura Ecológica Principal de Bogotá, en la siguiente imagen se muestra la ubicación del mismo y los equipamientos rurales presentes.

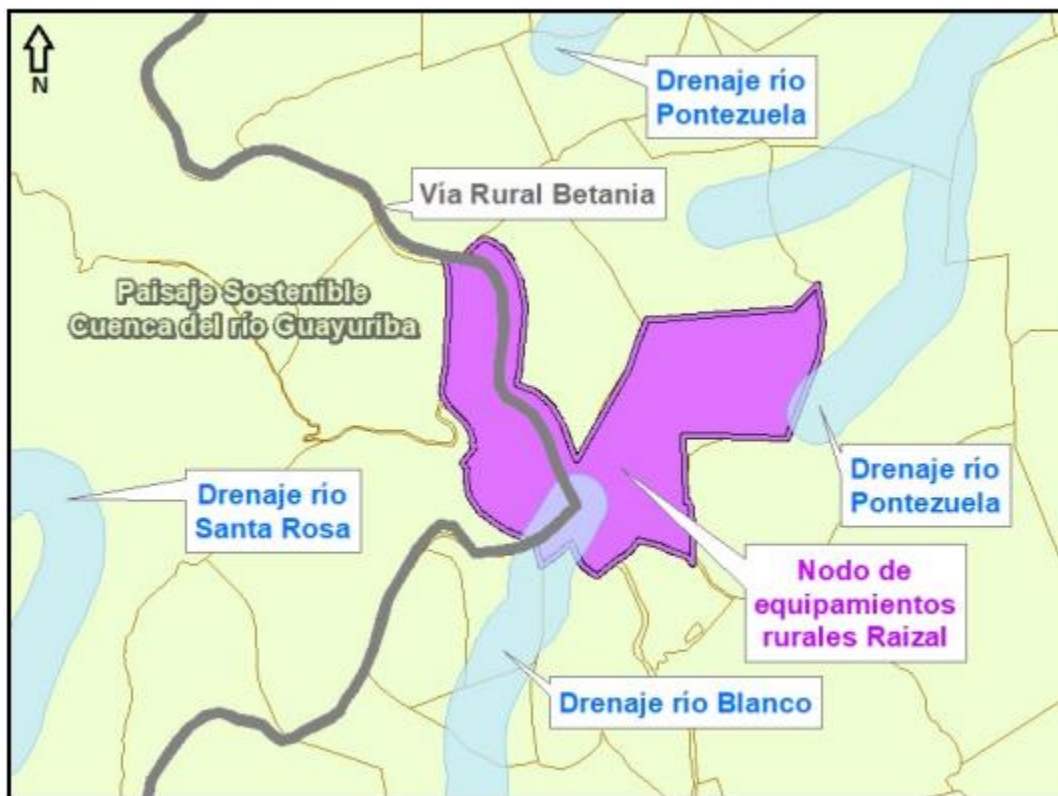


Figura 23. Ubicación de la zona para la localización de nodos de equipamiento rurales El Raizal.
Fuente: SDP, Decreto Distrital 555 de 2021, BDGC

Así mismo, aclara mediante el artículo 464 las condiciones de edificabilidad y volumetría que deben tener los nodos de equipamientos rurales y los parámetros requeridos para subdividir predios con áreas mayores a una hectárea (1 ha), se deberá adelantar licencia de parcelación y cumplir con las obligaciones urbanísticas establecidas para la categoría de desarrollo restringido.

Tabla 6. Edificabilidad de las zonas para la localización de nodos de equipamientos y de equipamientos aislados rurales

Nodo de equipamientos	Divisiones Prediales mínimas	IO máximo	IC máximo	Altura máxi-ma	Frente mínimo (m)	Aislamiento Lateral mínimo	Aislamiento Posterior mínimo
Ánimas	500 m2	0,29	1,3	2 pisos	10	No se exige	Igual o mayor a 3,0 m

Fuente: secretaria de Planeación

Tabla 7. Volumetrías para los nodos de equipamientos rurales y equipamientos aislados rurales

Altura	La altura máxima permitida es de dos (2) pisos; únicamente se permitirán alturas hasta cuatro (4) pisos en el nodo de equipamientos rurales "Antonio Nariño". En las nuevas edificaciones deben empatarse con el perfil de alturas existentes, con el fin de mantener una continuidad en fachada. La altura mínima del piso habitable es de 2,3 metros. Las edificaciones destinadas a usos dotacionales podrán manejar alturas libres entre pisos.
Antejardín	Se exige mínimo 5 m de antejardín a los predios con frente sobre vía.
Voladizos	Se permiten voladizos de 0,60 m. Aplica también sobre elementos del espacio público rural.
Sótanos	No se permiten.
Cubiertas	Las edificaciones ubicadas con frente a espacio público como andenes y zonas de circulación peatonal, deben contar con aleros en cubiertas, con el fin de brindar protección contra la lluvia a las personas transeúntes.

Fuente: secretaria de Planeación

✓ Caja De La Vivienda Popular

En atención al radicado No 202317000008622, la entidad CAJA DE LA VIVIENDA POPULAR se permite informar que, una vez revisado el sistema de información de la entidad, se identificaron los polígonos requeridos y se envía plano donde se identifican las viviendas presentes en el sector y los predios de alto riesgo.



Polígono Raizal

**Figura 24. Viviendas localizadas para el polígono Raizal
Fuente. Caja De La Vivienda Popular**

6 GEOLOGÍA

6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área estudiada se localiza al sur de Bogotá en la parte central de La Cordillera Oriental, donde se identificaron rocas sedimentarias del cretácico. En la definición del modelo geológico se utilizó como base la información geológica elaborada por INGEOMINAS para la cartografía de la plancha 265 Icononzo (1999) y la cartografía realizada para la elaboración del mapa de remoción en masa del suelo rural de Bogotá, FOPAE-UNAL (2013), a escala 1:25.000 y los levantamientos realizados a lo largo de las visitas de campo, los cuales permitieron detallar las características encontradas dentro del nodo. Ver figuras anexadas en los numerales 6.11 y 6.12.

6.1.1 ESTRATIGRAFÍA

En el polígono El Raizal afloran rocas sedimentarias de edad Cretácico superior que hacen parte de la Formación Chipaque, unidad que se muestra en la siguiente figura y se describe a continuación.

6.1.1.1 Formación Chipaque (Ksch)

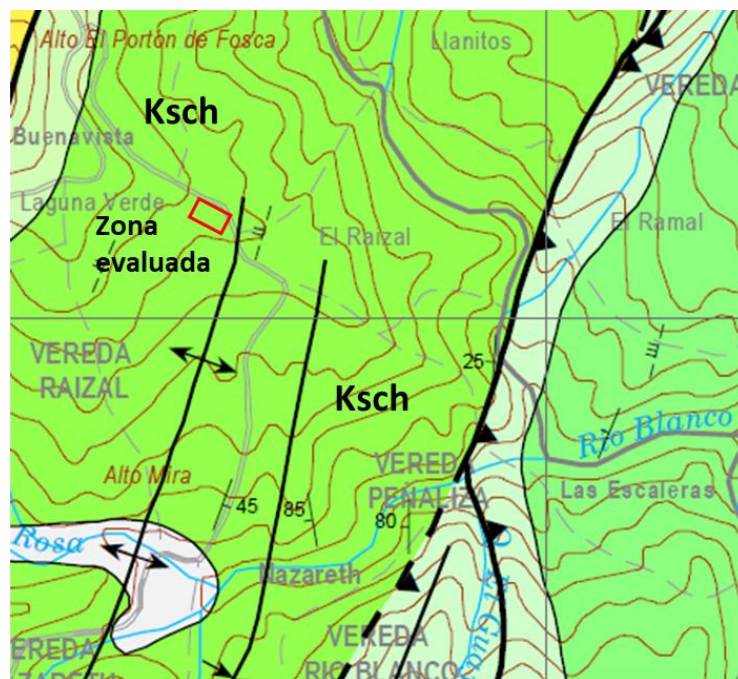
El nombre “Chipaque” fue empleado por primera vez por Hubach (1931) con el rango de “Conjunto Chipaque “. Redefinida por Renzoni (1962), quien la presenta como una “unidad conformada fundamentalmente por lutitas”, hecho que la diferencia claramente de sus dos unidades infra y suprayacentes que están formadas por areniscas.

La Formación Chipaque aflora al oriente de la cuchilla la Rabona, formando el anticlinal del Raizal, encontrándose en contacto fallado con la Formación Une, donde está constituida por una alternancia de lodolitas grises oscuras a negras, en capas delgadas a muy gruesas y arenitas de cuarzo en capas finas a medias, gris claras a oscuras, cemento silíceo, en capas muy delgadas a muy gruesas, presentando delgadas intercalaciones de caliza y capas delgadas de carbón.

La sección levantada en el Páramo el Cobre tiene un espesor de 1.625m, es probable que la sección se encuentre repetida por fallas de cabalgamiento. La Formación Chipaque consta en su parte inferior a media de una alternancia de lodolitas grises oscuras a negras, físisles en capas muy finas a muy gruesas; intercaladas con capas muy delgadas a muy gruesas plano paralelas y no paralelas de arenitas de grano fino a medio de cuarzo de color gris claro a oscuro, cemento silíceo; los primeros 25m de espesor se presentan delgadas intercalaciones de caliza muy meteorizada. En la parte superior de la sección predomina la lodolita negra en capas delgadas a muy gruesas con intercalaciones de capas delgadas a gruesas de arenita de

grano muy fino a fino de cuarzo, de color gris oscuro a negro con cemento silíceo y a veces calcáreo.

La Formación Chipaque tiene el contacto inferior fallado con la Formación Une, el contacto superior transicional con el Grupo Guadalupe; la edad de la unidad comprende parte del Cenomaniano, el Turoniano y parte del Coniaciano, De acuerdo con Julivert (1968). La unidad presenta características de depósitos de plataforma con poca influencia clástica, en un ambiente marino de aguas poco profundas y circulación restringida, según Ulloa y Rodríguez (1979).



Leyenda

Ksch Formación Chipaque

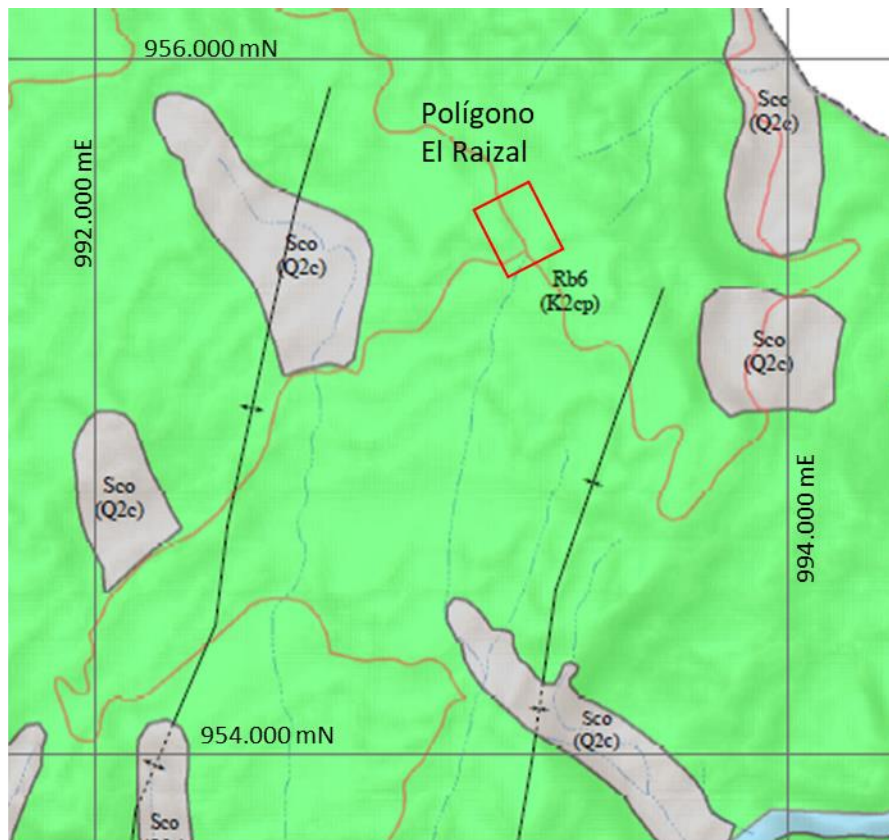
Figura 25. Mapa geológico regional modificado plancha 265 Icononzo, INGEOMINAS 1999

6.1.2 UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES

Las unidades geológicas superficiales se tomaron del estudio “Cartografía Geológica Aplicada a la Zonificación Geomecánica de la Sabana de Bogotá”, INGEOMINAS, 2004 y son concordantes con la simbología utilizada en el estudio “Elaboración del mapa de remoción en masa del suelo rural de Bogotá” Fopae-Universidad Nacional. (2013).

Las unidades geológicas superficiales identificadas para el área de estudio se clasifican como Unidades de Roca, de acuerdo con sus características litológicas y geotécnicas corresponde a Roca de resistencia blanda (Rb 6). Ver siguiente figura.

En la siguiente figura se muestra el mapa de unidades geológicas superficiales modificado de FOPAE-UNAL (2013).



Leyenda

- K2cp Fm Chipaque - (Rb6) Roca Blanda 6
- Q2c Depósito Coluvial - (Sco) Depósito de ladera

Figura 26. Mapa Unidades Geológicas Superficiales, modificado FOPAE-UNAL 2013.



6.1.2.1 Roca blanda: (Rb6):

Conformada por gruesos niveles de lutitas, color gris oscuro a negro con intercalaciones menores de limolitas silíceas, calizas arenáceas y areniscas de grano fino. Dentro de la zona de estudio aflora, en la vereda El raizal, conformando un pliegue anticlinal del mismo nombre y un sinclinal cercano.

Morfológicamente conforma laderas principalmente de naturaleza estructural, con sectores en contrapendiente y sobre laderas con pendientes suaves hasta abruptas. Son rocas de resistencia blanda y moderadamente fracturadas.

6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Zona Ubicada en la vereda Raizal, al occidente por la Falla de Nazareth y el flanco occidental del Anticlinal del Raizal. Está conformado principalmente por rocas de edad Cretácico con rumbo N12° E y buzan 38° hacia el NW.

A partir de las imágenes satelitales no se observan fallas ni lineamientos estructurales que afecten los materiales identificados en el área de estudio.

A continuación, es posible observar la ubicación del área de estudio con respecto a la falla Nazareth y el anticlinal del Raizal, en la figura se referencia el mapa de geología a escala 1:100.000 correspondiente a de la plancha 265 de Ingeominas.

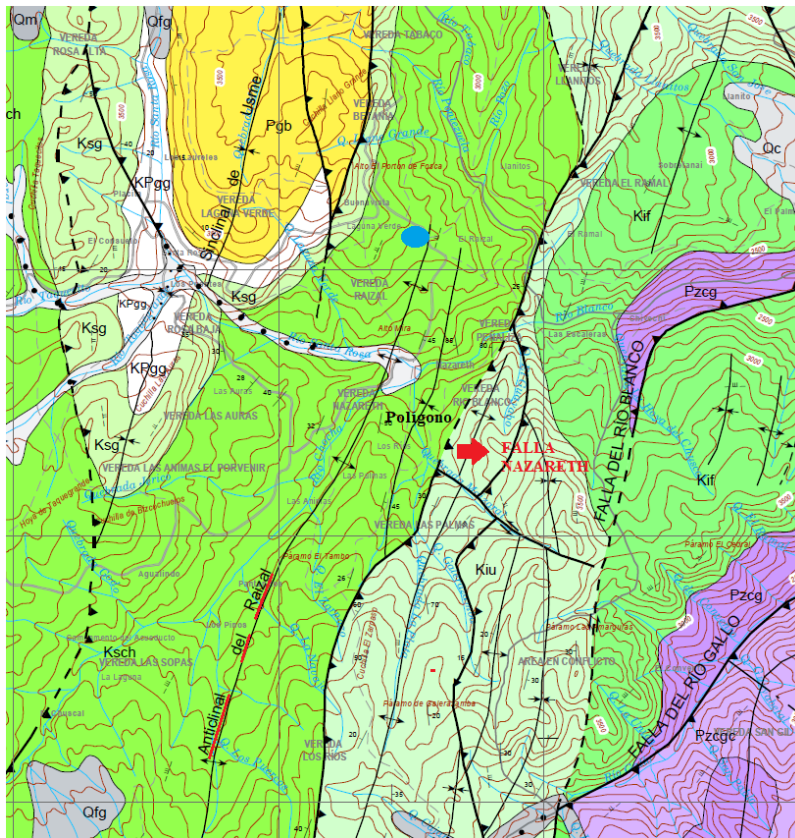


Figura 27. Geología estructural Raizal, modificado de la plancha 265 Ingeominas,1999.

6.3 GEOLOGIA LOCAL

Para la geología local se definieron unidades geológicas para ingeniería UGI, siguiendo las recomendaciones de la publicación “Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa” SGC, (2016).

Los materiales presentes se clasificaron en unidades de Suelo y unidades de Roca.

Los materiales clasificados como suelo se dividieron según su origen en unidad de suelo transportado coluvión.

La unidad de roca, de acuerdo con sus características litológicas y geotécnicas, se clasificó en Roca de resistencia blanda lodolita (Rbl).

En la siguiente figura, es posible observar las características que se presentan en la zona.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



Figura 28. Características del polígono El Raizal

Las Unidades de Geología para Ingeniería presentes corresponden:

6.3.1.1 Roca blanda lodolita: (Rbl):

Conformada por una secuencia de lodolitas carbonosas de color gris oscuro a negro estratificadas en capas de espesor medio a grueso con intercalaciones de areniscas de grano fino estratificadas en capas de espesor medio. En el polígono estudiado aflora, sobre los cortes realizados para la construcción de la vía de acceso, presenta un rumbo N12 E y buza 38 NW.

Morfológicamente conforma laderas con relieve bajo, de forma convexa, principalmente de naturaleza glaciár, corresponde a rocas de resistencia blanda y moderadamente fracturadas.

En la siguiente figura se muestran las Unidades de Geología para Ingeniería del polígono.

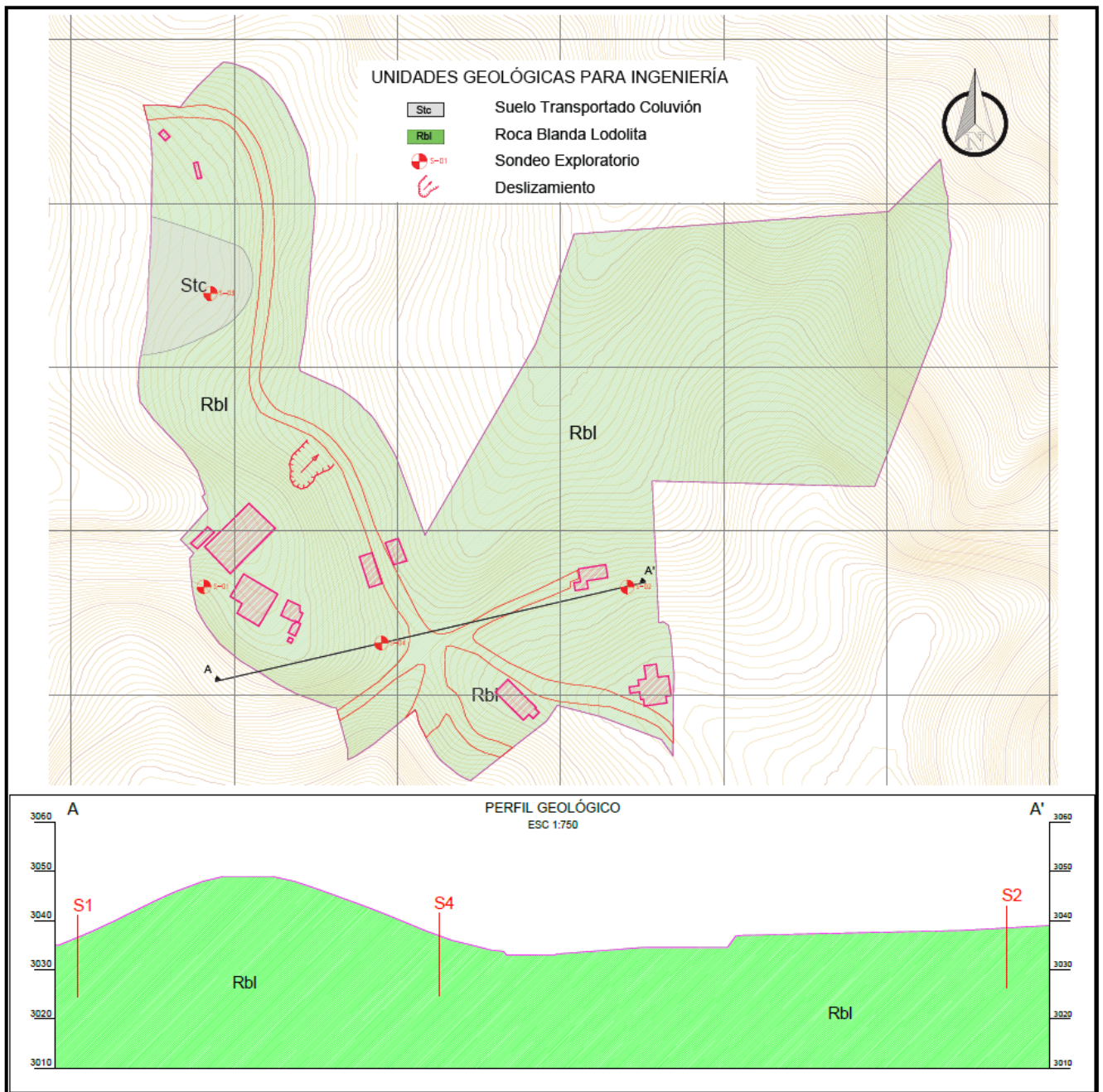


Figura 29. Unidades geológicas para ingeniería polígono Raizal. Escala 1:5.000.

En la figura anterior, es posible observar un gráfico de la geología local encontrada, el plano es posible encontrarlo en la carpeta de planos del presente nodo.



6.3.2 Suelo transportado coluvión (Stc)

Unidad generada por la presencia de procesos de remoción en masa antiguos que han generado el movimiento, transporte y acumulación de materiales sobre las laderas contiguas al poblado; los procesos de remoción en masa corresponden a movimientos en masa generados por el retiro de la cubierta vegetal arbustivo, la conformación de potreros para ganadería, las pendientes fuertes, la pluviosidad alta y los materiales arcillosos sin consolidar.

Esta unidad se reconoció mediante los sondeos exploratorios y los apiques realizados, en los registros exploratorios su espesor alcanzo más de 5 m en el sondeo exploratorio S2 y más de 6 m en el sondeo exploratorio S3; la unidad está integrada por limos arcillosos y arenosos con presencia de fragmentos de lutita y arenisca arcillosa, en el depósito se observa predominio de una matriz fina sobre la armazón.

El proceso que genero el suelo transportado coluvión de la zona occidental presentado en el plano UGI, se originó fuera del polígono de estudio, por lo cual no se realiza levantamiento de este proceso morfodinámico.

7 GEOMORFOLOGÍA

Para la caracterización y representación de los elementos geomorfológicos se utilizó la “Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa” SGC (2012).

En el área de estudio se reconocen geformas de ambiente glaciario y denudativo que conforman laderas de relieve suave a ondulado.

Los elementos geomorfológicos reconocidos se describen a continuación:

7.1 ELEMENTO DE ORIGEN GLACIARIO

Elemento originado por procesos relacionados con la erosión intensa que ocasiona movimiento en las masas de hielo en zonas de alta montaña durante épocas glaciales o en la actualidad. Estos eventos modelaron el sustrato rocoso preexistente, generando así grandes cantidades de sedimentos que posteriormente fueron transportados o acumulados en las laderas adyacentes. El elemento originado en este ambiente se describe a continuación.

7.1.1 Ladera ondulada glaciario (Glo)

Ladera con relieve bajo, suavemente inclinada a inclinada, con pendientes entre 7° y 18°, moderadamente larga, de forma convexa, presenta un patrón de drenaje sub-dendrítico, forma parte de un amplio valle en forma de “U” generado por actividad glaciario de montaña; el valle glaciario fue modificado posteriormente por procesos denudativos.

Este elemento fue originado por flujos lentos de depósitos formados durante el avance y retroceso de las masas de hielo con transporte de material superficial durante la actividad del glaciario de montaña.

7.2 ELEMENTO DE ORIGEN DENUDATIVO

Elemento que involucra las geformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional que han modificado las laderas preexistentes, dando lugar a nuevos elementos por acumulación de sedimentos.

7.2.1 Depósito coluvial (Dco)

Elemento de origen denudativo generada por la presencia de movimientos de remoción en masa antiguos, que han conformado depósitos de composición heterogénea con predominancia de material arcillo limoso y espesor variable. Se encuentran localizados en la parte inferior de las laderas de mayor pendiente.

Son materiales de baja consolidación, ubicados en laderas con una morfología de pendientes desde inclinadas hasta altas.

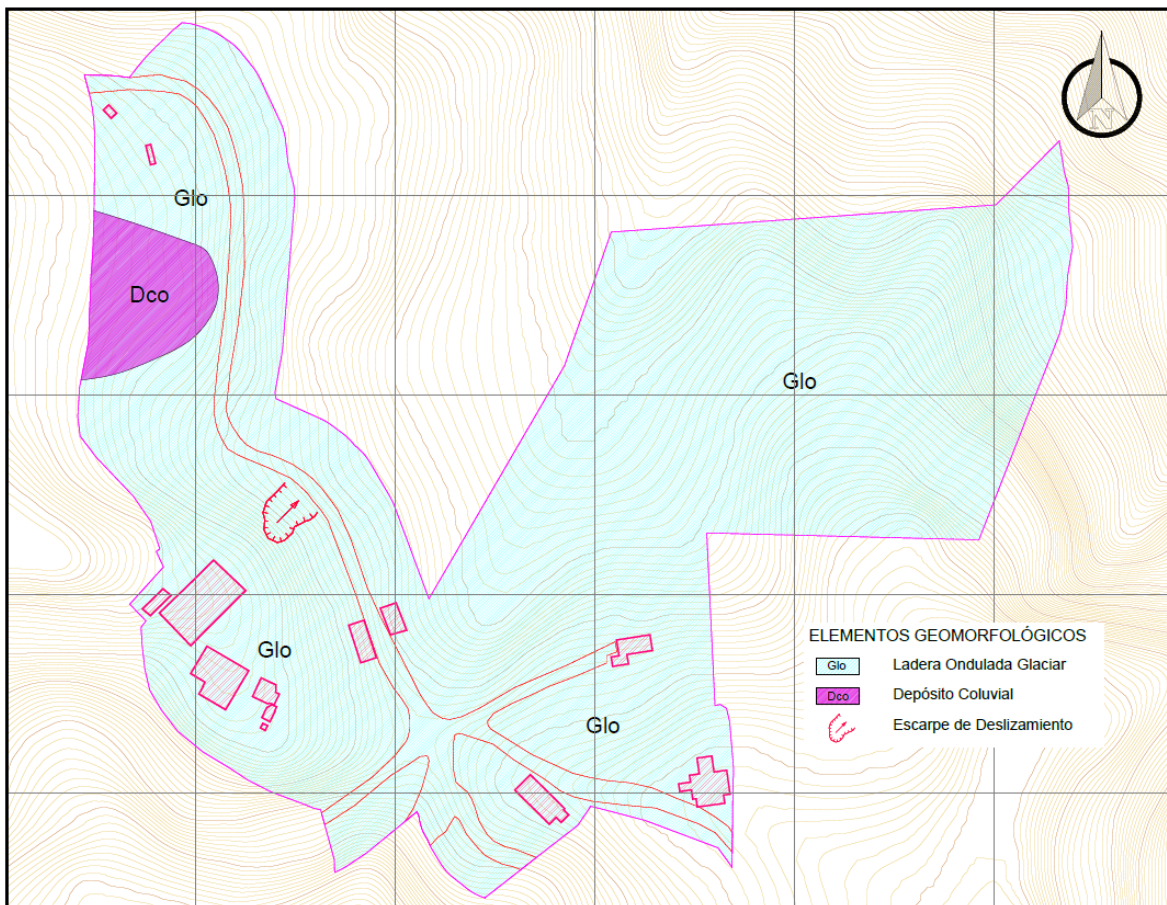


Figura 30. Elementos Geomorfológicos del polígono Raizal. Escala 1:5.000.

En la figura anterior, es posible observar un gráfico de la geomorfología encontrada, el plano es posible encontrarlo en la carpeta de planos del presente nodo

7.3 ELEMENTOS GEOMORFOLOGICOS:

Realizando el cruce de la geomorfología y las pendientes del nodo Raizal es posible encontrar en cada elemento geomorfológico, los siguientes rangos de pendientes:

Tabla 8 Descripción pendientes Elementos geomorfológicos Raizal

CUADRO DE ÁREAS-NODO RAIZAL			
ELEMENTO	PENDIENTE	ÁREA Ha	PORCENTAJE %
Glo	Inclinado	0.65	10.98
	Moderadamente Abrupto	1.60	26.86
	Abrupto	3.37	56.56
Dco	Inclinado	0.03	0.52
	Moderadamente Abrupto	0.12	1.92
	Abrupto	0.19	3.16
TOTAL		5.96	100

En la tabla mostrada anteriormente, es posible observar los elementos geomorfológicos encontrados dentro del polígono, en el ANEXO Geomorf vs Pendientes-Raizal (PLANOS RAIZAL), se observa el plano del cruce realizado, y las geoformas más representativas encontradas para este nodo.

8 PROCESOS MORFODINÁMICOS

En el sitio del polígono se presenta un proceso de remoción en masa que corresponde a un deslizamiento rotacional que está afectando una ladera cercana a donde se emplaza el polideportivo que hace parte del colegio. Dicho proceso se presente sobre el corte realizado para la construcción de la vía que pasa a lo largo del polígono de estudio (ver siguiente figura), es un movimiento activo, por lo cual, el material transportado se depositaría directamente sobre la vía.



Figura 31. Parte alta del deslizamiento rotacional presente en la ladera inferior aledaña al polideportivo.

En los archivos anexados, se encuentra evaluado dicho proceso morfodinámico, donde se indican las características más relevantes de la remoción en masa presentada en la zona (ANEXO PROCESOS MORFODINAMICOS).

Dentro del área de estudio, se evidencia una zona de depositación de un proceso morfodinámico que se generó fuera del polígono, por lo cual a futuro se debe realizar un estudio de detalle para el sector.

Dentro del polígono no se presenta erosión leve y concentrada, manifiestos de erosión laminar y erosión en surcos, tampoco se encuentran cauces de cañadas, ríos, quebradas o corrientes, localización de trazas de fallas activas e inactivas.



9 SISMOLOGÍA

A partir de la información suministrada por el IDIGER en el estudio de “Elaboración Del Mapa De Remoción En Masa Del Suelo Rural De Bogotá D.C., Para Su Incorporación Al Plan De Ordenamiento Territorial POT, A Escala 1:25000” del año 2013 (Nacional, 2013), se concluye un coeficiente de aceleración A_0 de 0.31 para una tasa de retorno (TR) de 475 años. En la siguiente figura, es posible verificar el coeficiente analizado para el polígono.

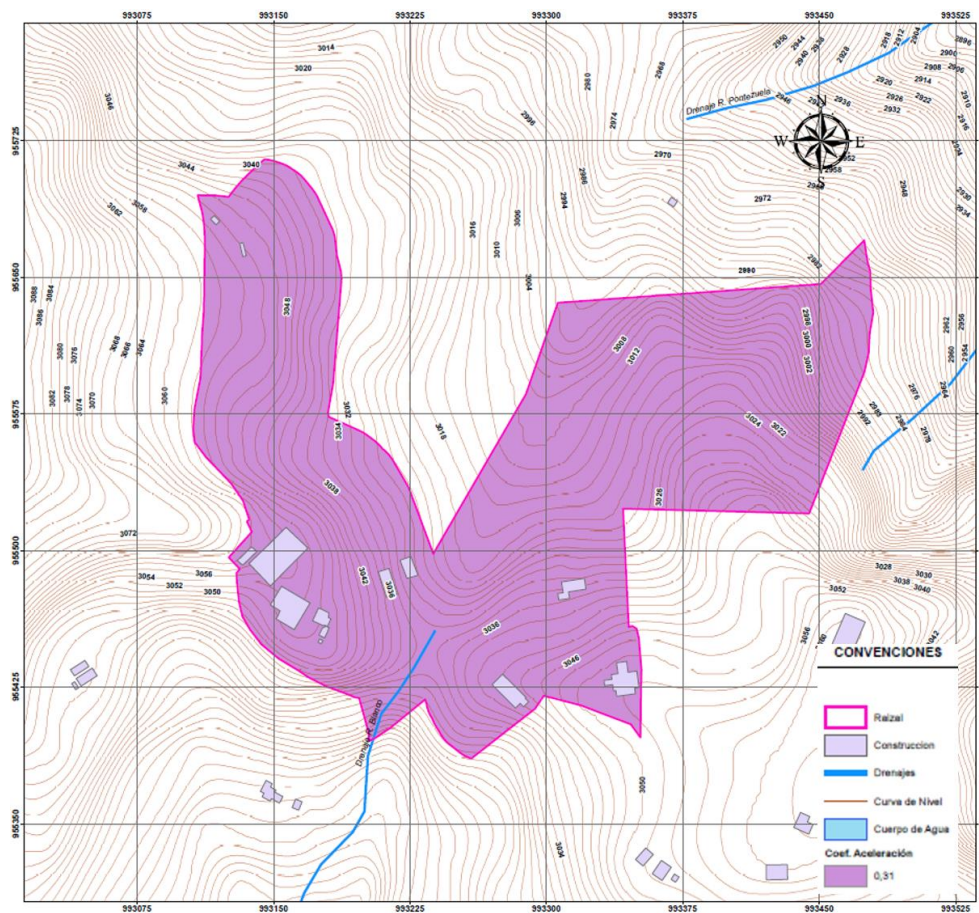


Figura 32. Sismología del polígono Raizal. Escala Base cartográfica 1:5.000, escala de presentación de plano 1:1.000

Fuente: Adaptado por Geodinámica, Según datos proporcionados por el IDIGER

10 COBERTURA Y USOS DEL SUELO

La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisionómicas y ambientales que van desde herbazales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales; incluye las coberturas vegetales inducidas por la acción humana como las áreas de cultivos o pastos para ganadería.

Para la clasificación de las distintas coberturas vegetales, este estudio utilizó como herramienta la Leyenda Nacional de Coberturas de Tierras - Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, del IDEAM (2010), adoptada para la homogenización de las coberturas para Colombia y la elaboración de mapas a escala 1:100.000. Teniendo en cuenta que los términos de referencia establecen que los mapas se deben presentar a escala 1:5.000, donde se evidencie el área del proyecto y su impacto real en las diferentes capas de vegetación y el uso de suelo que se da en éstas; se toma como referencia la leyenda, puntualizando en ciertas categorías el uso real observado en campo y contrastado con la interpretación de fotografías aéreas, tomadas de BaseMap de Arcgis y adaptadas para la aplicación en el desarrollo del análisis de coberturas y uso del suelo.

10.1 COBERTURA DE LA TIERRA.

Para la determinación de la cobertura y usos de la tierra se hizo uso de los criterios de la metodología Corine Land Cover (Coordination of Information on the Environmental por su sigla en inglés) la cual fue concebida en la década de los 90 en Europa debido al auge de las herramientas de teledetección satelital, permitiendo modelar con alta exactitud las diversas coberturas terrestres. Para Colombia, Corine Land Cover (adaptada Colombia 2010) inició con el programa de apoyo y la colaboración prestada por el Fondo Francés para el Medio Ambiente (FFEM), la Embajada de Francia en Colombia, el Instituto Geográfico Nacional de Francia (ING) y ONF Andina Colombia (SIAC, 2012); con el propósito de tener métodos que permitieron consolidar cifras, análisis, esquemas, y desarrollar un sistema único de clasificación de coberturas para poder tener elementos de planificación comunes entre las diferentes regiones del país; es decir, hablar un "mismo idioma" a nivel nacional.

En el 2008 y producto de la cooperación interinstitucional entre el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM, Parques Nacionales Naturales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, Instituto de Investigaciones Amazónicas SINCHI y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, se

publicó la leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a Escala 1:100.000. (Humboldt, 2014)

Luego de las experiencias tenidas con la primera aproximación o leyenda (IGAC, 2002) el IDEAM presentó en junio de 2010 la segunda aproximación de la leyenda nacional para la escala 1:100000, la cual sirve de guía para el desarrollo de la aplicación a escala 1:25.000 e igualmente se tomaron experiencias de soporte los trabajos realizados por el IGAC en el levantamiento de los trabajos de cobertura en los departamentos de Antioquia (1:100.000), Quindío (1:25.000) los municipios de Fusagasugá y Jericó (1:25.000) entre otros.

Una particularidad importante de la metodología CLC es el uso de una leyenda jerárquica, basada en clases de cobertura y discriminadas principalmente por atributos físicos y fisionómicos (Nunes de Lima, 2005; Perdigo and Annoni, 1997), organizada en niveles, que permiten agregar datos a nivel nacional o, desagregarlos, para trabajar a nivel departamental o municipal. Lo anterior justifica el hecho de que la leyenda está fuertemente relacionada con los procesos de interpretación de imágenes, la escala de publicación y el área mínima de mapeo (Perdigo and Annoni, 1997).

En el desarrollo del presente proyecto, se utilizó la metodología CLC adaptada para Colombia, respetando sus conceptos y la secuencia operativa. Sin embargo, considerando que la metodología debe adecuarse consistentemente a las particularidades físico-naturales y biodiversidad del área de estudio, ella fue adoptada y ajustada para dar cumplimiento a los requerimientos del Anexo técnico de escala de 1:5.000.

La metodología utilizada para el trabajo de interpretación comenzó con la revisión de la información base, que consiste en verificar el cumplimiento de las características de las imágenes para llevar a cabo el proceso de interpretación: resolución espacial y espectral adecuadas para la interpretación de coberturas; sistema de referencia acorde con el sistema de proyección cartográfica y ortorrectificación para la producción de información.

Para el proceso de interpretación propiamente dicho se utilizó la interpretación visual en pantalla de las Fotografías aéreas (técnica conocida como PIAO) mediante la utilización de un programa SIG (para el caso ArcGis 10x). Esta consiste en cargar la capa o feature de la GDB donde se piensa delinear o restituir¹ la Cobertura de la Tierra, junto con la ortofoto. No

¹ Restitución fotogramétrica: consiste en la vectorización de la información capturada con la digitalización de una orto fotografía.

deberá haber discrepancias entre los sistemas de coordenadas, ya que no permitiría una vectorización conforme.

La base de datos se conformó de acuerdo con los parámetros establecidos para la misma por la metodología Corine Land Cover y los códigos asignados a las coberturas encontradas corresponderán a la nomenclatura consignada en la leyenda oficial publicada por el IDEAM en el año 2010, la cual se complementó teniendo en cuenta que la leyenda nacional está planteada para escala 1:100.000, por lo que en algunos casos se aumentó el nivel de detalle de la cobertura encontrada, para adaptarla a la escala de trabajo.

Es así como para la elaboración del mapa de coberturas se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Selección y revisión del insumo para la interpretación.
- Creación el respectivo archivo gráfico, que para este caso será el MXD con el programa ArcGIS 10.x, verificando el marco de referencia de trabajo para el restudio.
- Así mismo, se cargó la capa o feature de la GDB donde se delineó o vectorizó la Cobertura de la Tierra, junto con la imagen.
-

Las coberturas de la tierra para el proyecto, se clasificaron de acuerdo a la metodología CORINE Land cover adaptada para Colombia, con esta clasificación se obtuvieron coberturas diferentes las cuales se presentan a continuación:

Tabla 9 Coberturas de la tierra Nodo Raizal

NODO	CÓDIGO	NOMENCLATURA	ÁREA TOTAL (ha)
Raizal	112	Tejido urbano Discontinuo	0,10
	1221	Red Vial y Territorios asociados	0,39
	1412	Parques Cementerios	0,13
	1421	Áreas Culturales	0,20
	2151	Papa	0,03
	2231	Otros Cultivos Permanentes arbóreos	0,14
	231	Pastos Limpios	4,13
	232	Pastos Arbolados	0,14
	233	Pastos Enmalezados	0,18
	3232	Vegetación Secundaria baja	0,52

Fuente: Geodinámica, 2023

- Tejido Urbano Discontinuo (1.1.2): Son espacios formados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren artificialmente la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierto por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.
- Red Vial, Ferroviarias y Terrenos Asociados (1.2.2.1): Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.
- Parques cementerio (1.4.1.2): Zonas de vegetación dentro del tejido urbano con uso de cementerio.
- Áreas culturales (1.4.2.1): Terrenos dedicados a las Instalaciones de servicios públicos (escuelas, hospitales), con su infraestructura de áreas asfaltadas y verdes.
- Papa (2.1.5.1): Cobertura terrestre propia de regiones frías, es una planta rastrera cultivada por su alto valor alimentario.
- Otros cultivos permanentes arbóreos (2.2.3.1): Cobertura donde predominan los cultivos permanentes arbóreos diferentes de la palma de aceite, cítricos, mango, aguacate, guanábana, macadamia, mangostino y guayaba.
- Pastos Limpios (2.3.1): Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.
- Pastos Arbolados (2.3.2): Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos en los cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a 5 metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor al 30% y menor al 50% del área de pastos arbolados.
- Pastos Enmalezados o enrastrados (2.3.3): Son las coberturas presentadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros.
- Vegetación Secundaria baja (3.2.3.2): Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original. Generalmente están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022


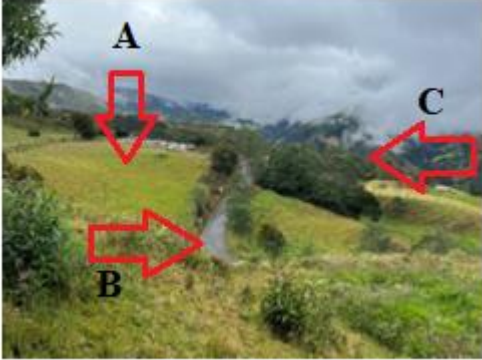
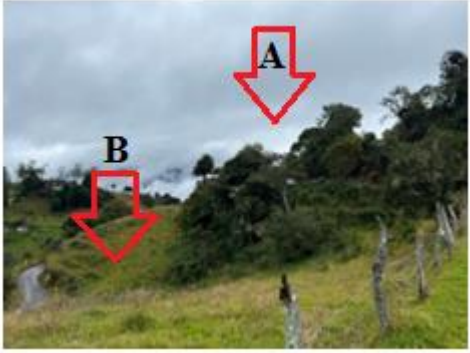




Las coberturas de la tierra para el proyecto, se clasificaron de acuerdo a la metodología CORINE Land cover adaptada para Colombia, con esta clasificación se obtuvieron coberturas diferentes las cuales se presentan a continuación.

El nodo Raizal presenta una alta presencia de pastos limpios que ocupan el 69,4% del área del nodo, además tiene la presencia de un parque cementerio y de una vía que lo atraviesa de oriente a occidente, también se identificó la presencia de una institución educativa permitiendo reconocer que el área tiene un uso dotacional, del cual se hablara más adelante. En la tabla anterior y la figura presente a continuación, permiten identificar las coberturas clasificadas para este nodo.



Figura 33. Coberturas Nodo Raizal

	
<p>Fotografía 3. Pastos arbolados</p>	<p>Fotografía 4. Pastos limpios (A), red vial en el centro (B), así como cultivos permanentes arbóreos (C).</p>
	
<p>Fotografía 5. Derecha vegetación secundaria (A), izquierda pastos limpios (B).</p>	<p>Fotografía 6. Adelante pastos limpios, en el centro red vial y vivienda rural dispersa, manchas dispersas de árboles clasificados como cultivos permanentes arbóreos.</p>
	
<p>Fotografía 7. Vegetación secundaria</p>	

10.2 USO ACTUAL

El uso actual corresponde a los tipos de ocupación o utilización que de una cobertura hace el hombre, apuntando a la producción de bienes y servicios para la sociedad. Es así que, de acuerdo a las coberturas identificadas, se reconocen y clasifican los usos, entre los que se tienen los agrícolas, pecuarios, de infraestructura y de conservación. Así mismo estos usos se reclasifican en sub usos entre los cuales se tienen cultivos permanentes o transitorios, vía, vivienda dispersa, pasturas manejadas, dotacional y recuperación.

Los usos agrícolas, corresponden a aquellos asociados a actividades de producción de material vegetal de consumo humano, estos se clasifican en permanentes entre los cuales se identifican los cultivos que no requieren después de cada cosecha ser replantados para obtener una nueva cosecha. También se identificaron cultivos transitorios, los cuales son tierras dedicadas a cultivos que deben ser replantados después de cada cosecha, como es el caso de la papa.

El uso pecuario tiene un tipo de uso de pasturas manejadas, las cuales refieren a especies de semillas introducidas de pastos que no siempre son nativos.

En el uso de infraestructura, se identificaron varios tipos de uso como el uso vía que se asocia a las estructuras relacionadas al desplazamiento de personas y/o vehículos; las viviendas dispersas, que son las casas de la comunidad asentada en cada nodo; en cuanto al tipo de uso dotacional se relaciona a la infraestructura dedicada a la prestación de servicios a la comunidad, en el caso específico de los nodos objeto de este estudio, se refiere a las escuelas y colegios.

También se identificó el uso de conservación, entre los cuales se detectaron usos de recuperación, el cual se refiere al uso donde se evidencia una alteración de las condiciones primarias de la vegetación, haciendo necesario que se propenda por salvaguardar las condiciones actuales y propender por su estabilización.

Como se evidencia en la siguiente figura, en el nodo Raizal se identifican pasturas manejadas que se ubican especialmente en el sector norte del polígono, hacia el sur se identifican otros usos como los cultivos de tipo permanente y transitorio, algunos parches de suelos en recuperación y en el sector noroccidental el uso dotacional asociado a la escuela y el parque cementerio. En la tabla que se presenta a continuación se representan los valores de área ocupada de cada uno de estos usos.

Tabla 10. Uso del suelo Nodo Raizal

Uso Actual	Tipo de Uso	Área (ha)
Agrícola	Cultivos permanentes	0,14
	Cultivos transitorios	0,03
Conservación	Recuperación	0,70
Infraestructura	Dotacional	0,33
	Vía	0,39
	Vivienda dispersa	0,10
Pecuario	Pasturas manejadas	4,27

A continuación, es posible observar el tipo de uso del suelo del nodo Raizal.

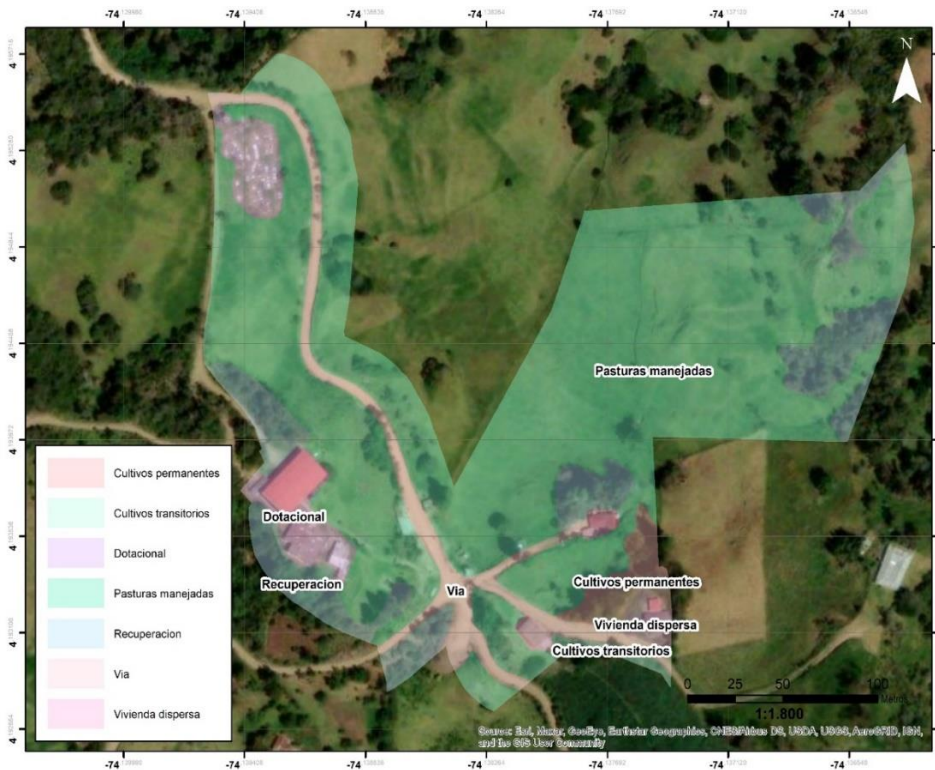


Figura 34 Tipo de uso del suelo nodo Raizal

Para observar el plano de uso actual del suelo y el tipo de uso, teniendo en cuenta lo mencionado en la tabla anterior ver anexo Uso Suelo-Raizal (PLANOS RAIZAL).

Teniendo en cuenta la Guía Metodológica del Servicio Geológico Colombiano para estudios de escalas 1:5000, las unidades de cobertura y uso del suelo deben ser tenidas en cuenta e integradas en los análisis de las condiciones de estabilidad actual y futura.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



10.3 RECOMENDACIÓN PARA COBERTURAS Y USOS FUTUROS DEL SUELO:

Se recomienda que las coberturas y los usos del suelo generadas por acciones antrópicas, deben realizarse de manera controlada, considerando que, al realizar talas no controladas, deforestación u otros cambios en los suelos, se generan cambios en las propiedades analizadas para la amenaza del estudio, es importante tener en cuenta que se deberá cumplir con la normatividad vigente (NSR-10) para el caso de construcción de edificaciones de equipamientos; se deberá prestar especial atención a los taludes generados y se deberá verificar si requieren análisis de Amenaza detallados.

11 HIDROLOGIA Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL

11.1 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

En el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), se recopilaron los datos de precipitación y de los principales parámetros pluviométricos de la estación representativa del sitio en estudio, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Estaciones empleadas Nodo 2 – El Raizal

Entidad	Código	Tipo	Nombre	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación msnm
IDEAM	3502031	PG	Nazareth	Bogotá D.C	4.17	-74.15	2800

Fuente: Elaboración Propia

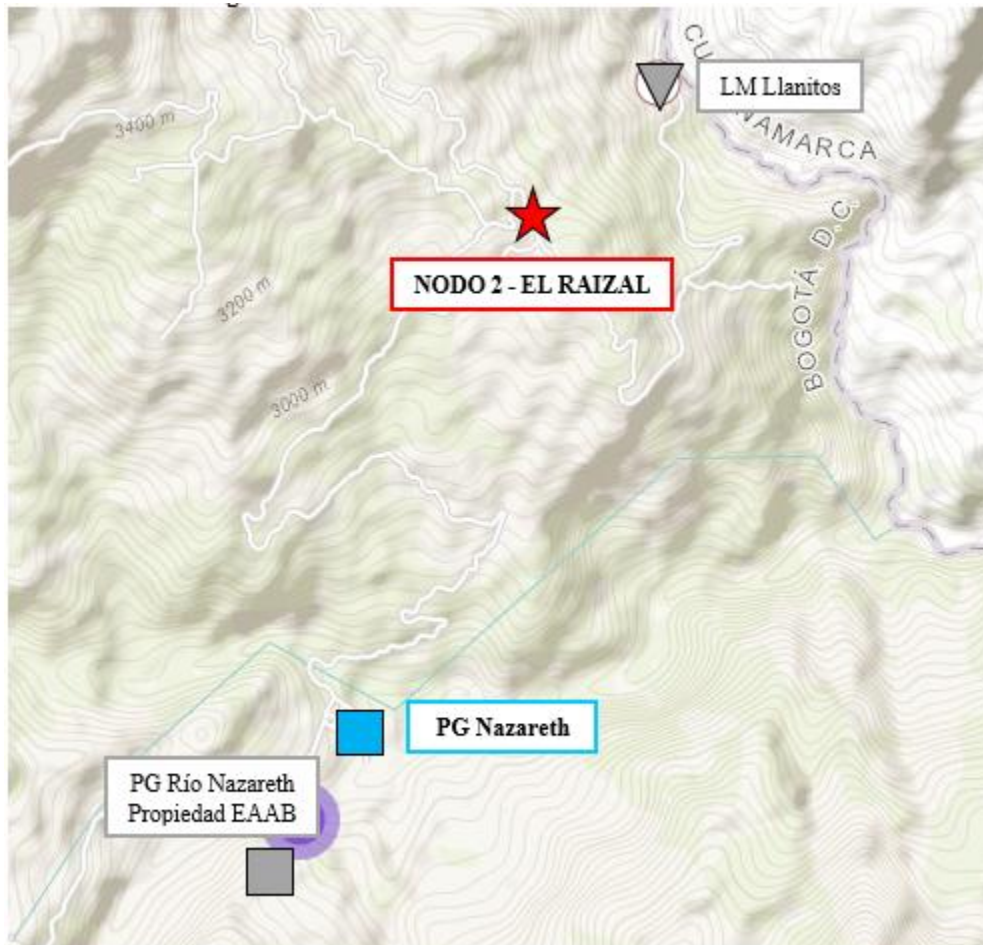


Figura 35. Localización Estaciones Nodo 2 - El Raizal
 Fuente: Elaboración Propia a partir del IDEAM.

Para el estudio hidrológico de este proyecto, se identificaron las estaciones con registros extensos y confiables que fueran representativos del comportamiento de las precipitaciones en el sector objeto de estudio; de igual manera, la elección de las estaciones dependió de su cercanía al proyecto, de forma que permitiera caracterizar adecuadamente la región. Para realizar el análisis de las principales variables de precipitación se empleó la estación PG Nazareth. En la anterior figura Localización Estaciones empleadas, se presenta la ubicación del sitio objeto del presente estudio, la red de estaciones en el sector y de la estación empleada, señalada en color azul.

11.2 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Para el proyecto objeto de estudio se cuenta con cartografía oficial del IGAC, disponible en escala 1:25.000 para todo el predio, que corresponde a la plancha 265-II-B. Con esta cartografía se cubre todo el Polígono del Nodo 2 - El Raizal y los cauces aferentes a este polígono.

11.3 ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO

Para el análisis del comportamiento de las lluvias en la zona en estudio, se utilizó la información de las estaciones registradoras de precipitación mencionadas en la siguiente tabla. La información empleada se encuentra en el **Anexo 1. Información Pluviométrica**.

11.4 PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES.

El ciclo anual de precipitación de la Estación PG Nazareth presenta un promedio anual del orden de 1143.64mm. El régimen de lluvias es monomodal, ya que, aunque se encuentra en la región andina, este influenciado por el comportamiento de las lluvias en el piedemonte llanero. Se tiene un periodo de lluvias entre los meses de abril – octubre, se presenta un periodo seco o de menores precipitaciones entre los meses de noviembre – marzo, siendo junio el mes más lluvioso y enero el mes con menores lluvias (Véase la siguiente figura).

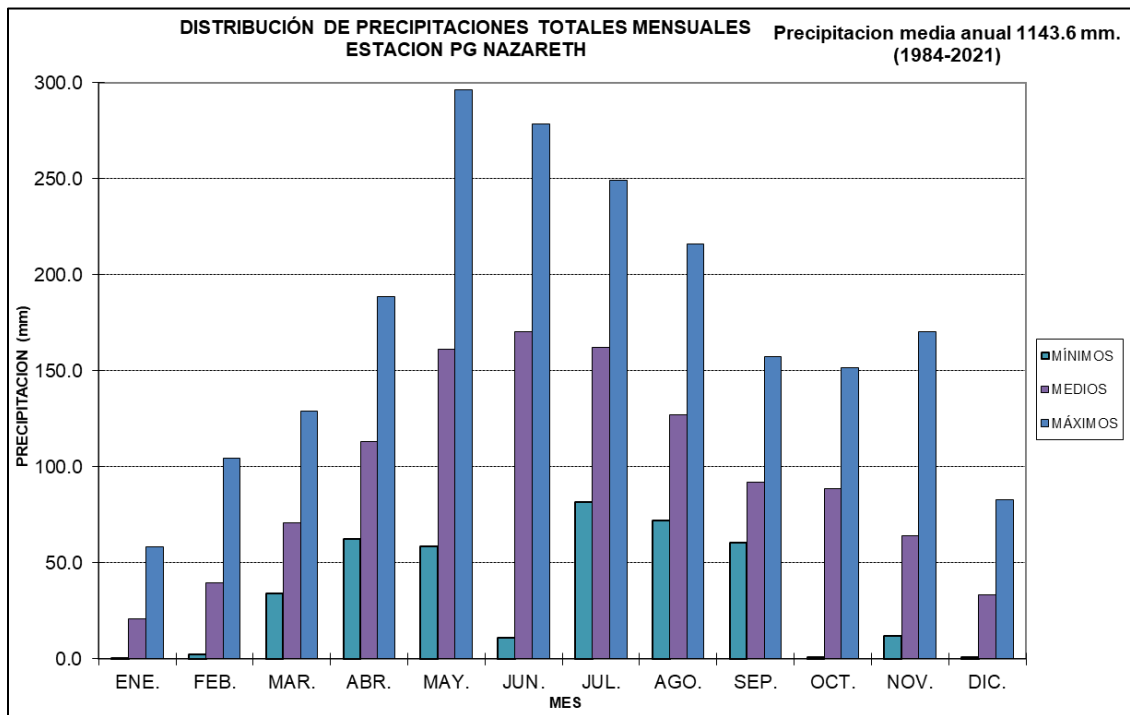


Figura 36. Distribución Mensual de Precipitación Estación PG Nazareth
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Distribución temporal de la precipitación media mensual – Estación PG Nazareth.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Pmedia anual
P media (mm)	21.07	39.42	70.96	113.15	161.43	170.20	162.06	127.27	92.02	88.50	63.96	33.61	1143.64

Fuente: Elaboración Propia.

11.5 NÚMERO DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN

Para la estación PG Nazareth el número promedio de días de precipitación al año es de 196, presentándose en el mes de julio el mayor número de días promedio (23 días) y en el mes de enero el menor número de días de precipitación (7 días).

Tabla 13. Distribución temporal núm. de días precipitación mensual – Estación PG Nazareth.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	No. Días de lluvia
No. días	7	9	14	18	22	23	24	23	18	16	14	9	196

Fuente: Elaboración Propia.

11.6 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS.

Para el análisis de las lluvias máximas en 24 horas, se recopilaron los máximos valores anuales de precipitación en 24 horas registrada.

Tabla 14. Lluvias Máxima en 24 horas - Estación PG Nazareth.

Lluvia Max 24 h (mm)	Año
59.00	1984
39.40	1985
30.00	1986
46.20	1987
28.00	1988
29.00	1989
118.90	1990
27.30	1991
32.40	1992
35.90	1993
32.40	1994
29.40	1995
31.00	1996
37.80	1997
42.50	1998
33.60	1999
30.00	2000
32.70	2001
48.00	2002
27.20	2003
60.00	2004
49.10	2005
50.00	2006
38.20	2007

Lluvia Max 24 h (mm)	Año
33.00	2008
27.50	2009
38.30	2010
36.60	2011
6.20	2012
44.50	2013
38.00	2014
28.70	2015
39.00	2016
34.00	2017
33.00	2018
42.50	2019
36.00	2020
40.40	2021
39.45	Promedio

Fuente: Elaboración Propia.

11.6.1 ESTIMACIÓN DE CURVAS IDF.

Se pueden definir como patrones de conductas pluviométricas que registran sobre un área o región específica y que resultan de unir los puntos más representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno, representando las duraciones en abscisas y las intensidades en las ordenadas.

Intensidad (I): Se puede definir como el volumen de precipitación por unidad de área o altura equivalente de precipitación por unidad de tiempo (mm/ hora) y se expresa como $I = P / T_d$ (Ven Te Chow, 1994), donde P = Lámina de agua lluvia (mm) y T_d = Duración (horas).

Duración (T_d): Es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la precipitación considerado como evento.

Frecuencia (F): Se considera como una medida de la probabilidad de ocurrencia de que un evento sea igualado o excedido por lo menos una vez al año, expresada en función del periodo de retorno.

Debido a que no en todas las zonas del país el IDEAM cuenta con curvas IDF, se ha dado amplio uso a la metodología de “Curvas sintéticas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia” de Vargas Rodrigo – 1998. Esta metodología es conocida como el método simplificado, se realiza a partir de una correlación de la Precipitación Máxima en 24 h, el Número promedio de Días de Lluvia al año y la Precipitación Total Anual.

Con base a esta metodología se calcularon las Curvas IDF para la estación PG Nazareth: la ecuación definida como Número 11 es la empleada para la elaboración de las curvas IDF y se presenta a continuación:

$$I_m = a \cdot \frac{T^b}{t^c} \cdot M^d \cdot N^e \cdot PT^f$$

En donde:

- ✓ I: Intensidad media en mm/hr.
- ✓ T: Periodo de retorno en años.
- ✓ t: duración de la lluvia en horas.
- ✓ N: promedio del número de días con lluvia al año.
- ✓ PT: Precipitación Media anual en mm.
- ✓ M: Promedio del valor máximo anual de precipitación diaria en mm.

Para Colombia, se han establecido diferentes valores de a, b, c, d, e y f (Parámetros de regresión) según la región del país, los cuales se presenta en la siguiente Tabla y en la siguiente figura.

Tabla 15. Valores Parámetros de Regresión en Colombia

Región	A	b	c	d	e	f
Andina (R1)	1.61	0.19	0.65	0.75	-0.15	0.08
Caribe (R2)	8.51	0.21	0.50	-0.01	-0.08	0.28
Pacífico (R3)	2.31	0.19	0.58	-0.20	0.12	0.400

Fuente: Curvas Sintéticas de IDF para Colombia – Vargas Rodrigo 1998.

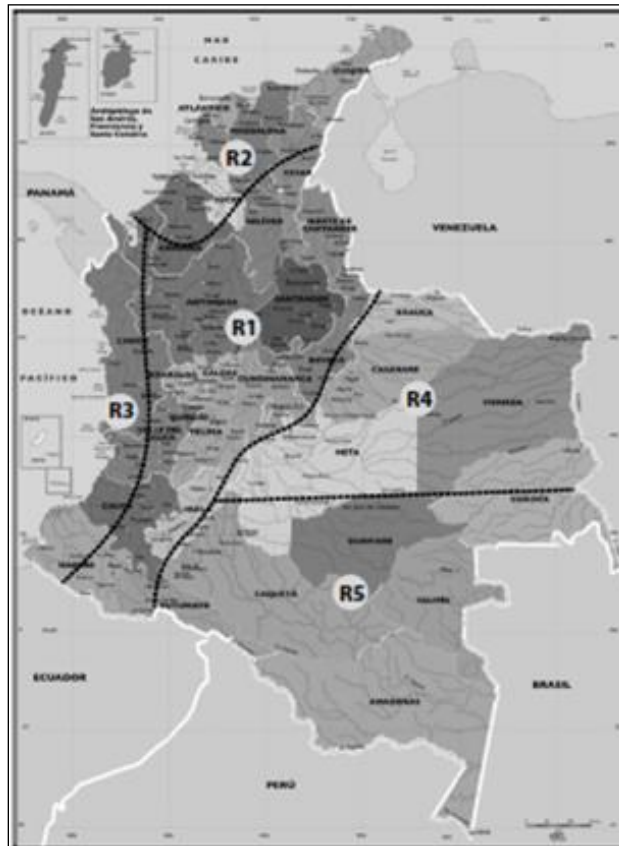


Figura 37. Regiones en Colombia – Parámetros de Regresión

Fuente: Curvas Sintéticas de IDF para Colombia – Vargas Rodrigo 1998.

La zona de proyecto se encuentra en la Región 1 (Andina), cuyos parámetros a, b, c, d, e y f son iguales respectivamente a: 1.61, 0.19, 0.65, 0.75, -0.15 y 0.08.

Aplicando estos valores, la ecuación anterior queda:

$$I_m = 1.61 \cdot \frac{T^{0.19}}{t^{0.65}} \cdot M^{0.75} \cdot N^{-0.15} \cdot PT^{0.08}$$

Teniendo en cuenta los datos históricos, el promedio del valor máximo anual de precipitación diaria en la estación PG Nazareth es de 39.45mm y el número de días de lluvia es 196. La precipitación promedio anual es de 1143.64mm. A continuación, se presentan las curvas IDF obtenidas.

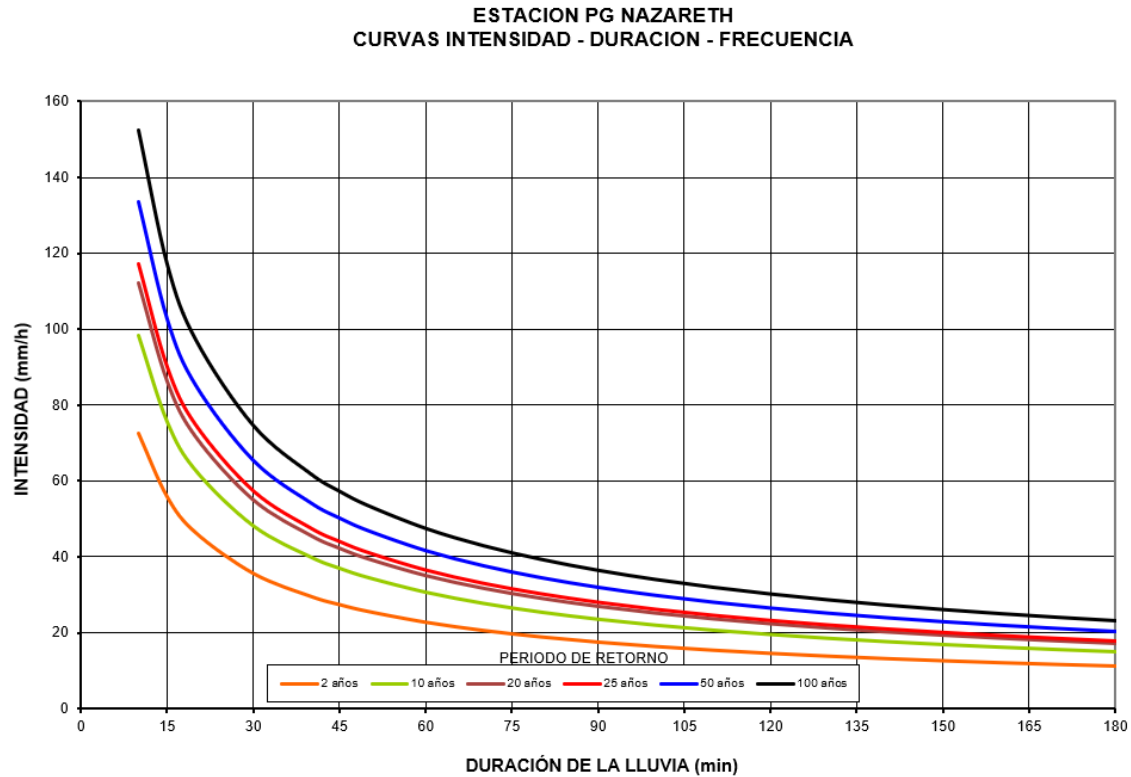


Figura 38. Curvas IDF Estación PG Nazareth.
Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla presentada a continuación, se presentan las Relaciones de Intensidad – Duración – Frecuencia, a partir de las cuales se generaron las Curvas IDF.

Tabla 16. Relaciones IDF – Estación PG Nazareth

TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO (Años)						
	2	5	10	20	25	50	100
10	72.5	86.3	98.4	112.3	117.2	133.6	152.5
15	55.7	66.3	75.6	86.3	90.0	102.7	117.1
20	46.2	55.0	62.7	71.6	74.7	85.2	97.2
30	35.5	42.2	48.2	55.0	57.4	65.4	74.6
40	29.4	35.0	40.0	45.6	47.6	54.3	61.9

45	27.3	32.5	37.0	42.2	44.1	50.3	57.4
50	25.5	30.3	34.6	39.4	41.2	46.9	53.6
60	22.6	26.9	30.7	35.0	36.6	41.7	47.6
70	20.5	24.4	27.8	31.7	33.1	37.7	43.0
80	18.8	22.3	25.5	29.1	30.3	34.6	39.5
90	17.4	20.7	23.6	26.9	28.1	32.0	36.5
100	16.2	19.3	22.0	25.1	26.2	29.9	34.1
110	15.3	18.2	20.7	23.6	24.7	28.1	32.1
120	14.4	17.2	19.6	22.3	23.3	26.6	30.3
130	13.7	16.3	18.6	21.2	22.1	25.2	28.8
140	13.0	15.5	17.7	20.2	21.1	24.0	27.4
150	12.5	14.8	16.9	19.3	20.2	23.0	26.2
160	12.0	14.2	16.2	18.5	19.3	22.0	25.1
170	11.5	13.7	15.6	17.8	18.6	21.2	24.2
180	11.1	13.2	15.0	17.2	17.9	20.4	23.3
1440	2.9	3.4	3.9	4.4	4.6	5.3	6.0

Fuente: Elaboración Propia.

11.6.2 IDENTIFICACIÓN CUERPOS DE AGUA

El sector donde se encuentra ubicado el Nodo 2 - El Raizal corresponde a una zona en general en una altitud importante. En efecto, la cota del terreno sobre el nivel del mar varía entre los 2950msnm y 3000msnm. El predio analizado se encuentra en un sector alrededor del cual, se identificaron importantes cuerpos de agua, como lo son El Río Pontezuela, también se identificó el Cauce del Caño El Pajal y la Cañada La Palma. En la siguiente figura se presenta la identificación de los principales drenajes naturales dentro y fuera del área del Nodo 2:

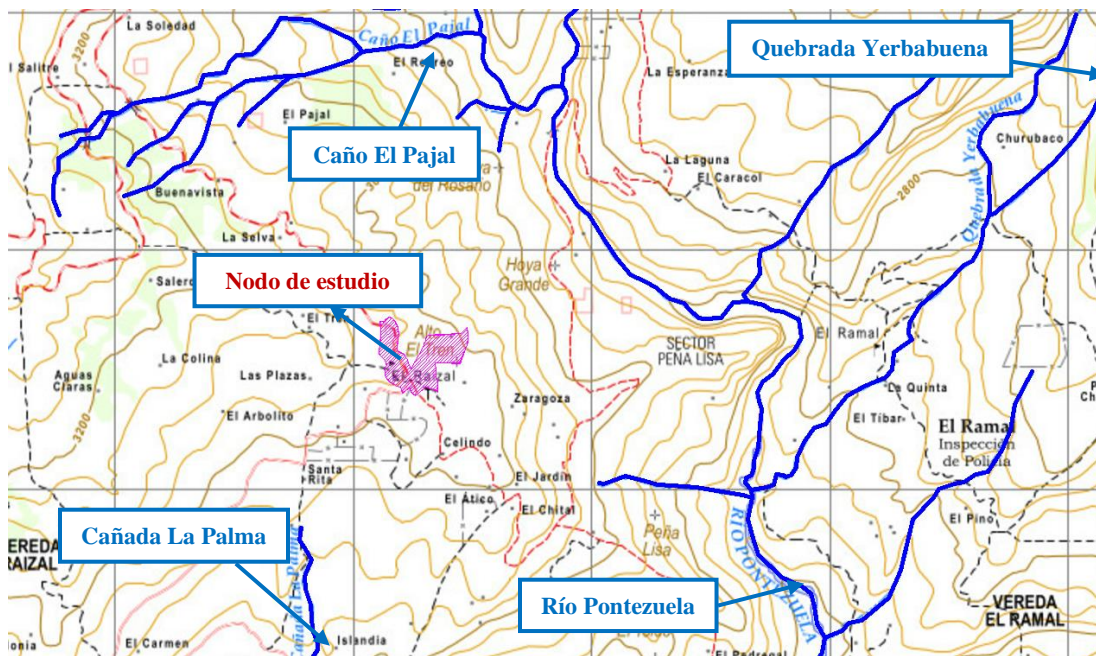


Figura 39. Descripción Red de Drenaje Nodo 2 - El Raizal
Fuente: Elaboración Propia.

Aunque no se evidencia el cruce de cauce natural identificado en la cartografía, las curvas de nivel muestran que el polígono es atravesado por una escorrentía menor. En el anexo Planos Rizal, archivo *Drenajes_Raizal* se relaciona plano en el cual se puede visualizar que no se evidencia el cruce de cauces naturales.

11.7 OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL Y SUB-SUPERFICIAL EXISTENTES:

En el sector donde se encuentra ubicado el Nodo 2 – Raizal se identificaron cinco obras de Drenaje menores para permitir el cruce de escorrentía superficial sobre la vía existente. En el Anexo 3 se presenta el Inventario realizado y a continuación se presentan la identificación realizada. En visita de campo realizada el 24 de enero del 2023, se apreciaron cuatro alcantarillas ubicadas en las siguientes coordenadas:

- **Alcantarilla 1**
N → 955576.983
E → 993104.775
- **Alcantarilla 2**
N → 955631.338
E → 993109.998

- **Alcantarilla 3**
 N → 955691.715
 E → 993117.441
- **Alcantarilla 4**
 N → 955562.222
- **Alcantarilla 5**
 N → 955403.088
 E → 993273.518
- **Alcantarilla 3**
 E → 993161.507

Las cuales tienen como finalidad recolectar las aguas superficiales y subsuperficiales del sector. Se resalta que, si bien estas obras se encuentran en funcionamiento, no se presenta intervención de mantenimiento, provocando la presencia de colmatación y empozamientos de agua.

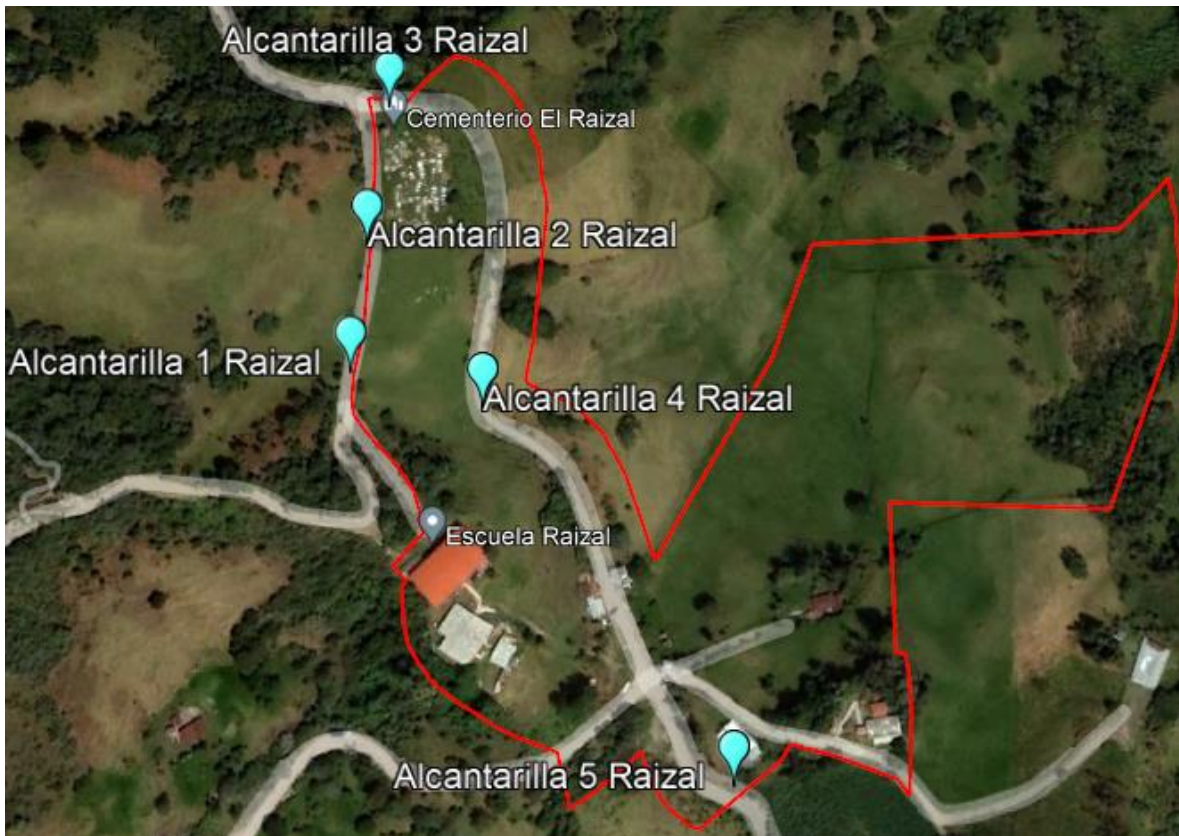


Figura 40. Alcantarillas existentes en el nodo el Raizal
 Fuente: Geodinámica

✓ **Obra de Drenaje No. 1 - Alcantarilla 1**

Esta obra corresponde a una Alcantarilla de diámetro ϕ 24" (0.60m) y una longitud de 4.40m, de acuerdo al inventario la obra presenta un estado estructural aceptable, sin embargo, por la falta de mantenimiento se presenta acumulación del flujo. En la siguiente tabla se muestran los elementos de equipamiento que esta posee al momento de realizar la visita de campo.

Tabla 17. Elementos de equipamiento de alcantarilla 1

	ENTRADA		SALIDA	
	MURO CABEZAL	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)
	Altura (m)	1.8	Altura (m)	1.8
GUARDARRUEDAS	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)	-
	Espesor (m)	0.2	Espesor (m)	-
	Altura (m)	0.3	Altura (m)	-
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO	Longitud (m)	1.6	Longitud (m)	-
	Espesor (m)	0.3	Espesor (m)	-
SOLADO	Altura (m)	0.1	Altura (m)	-

Fuente: Geodinámica

No se presenta estructura para el descole para esta alcantarilla, por lo cual las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial recogidas, son vertidas a la ladera y al terreno natural. A continuación, se presenta el registro fotográfico tomado para esta alcantarilla.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



Fotografía 8. La alcantarilla está equipada con muro cabezal, Guarda ruedas y muro de solado



Fotografía 9. La tubería de la alcantarilla es de 24 ", se evidencia taponamiento por falta de mantenimiento, lo que genera empozamiento de agua



Fotografía 10. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural,



Fotografía 11. Encharcamiento por el vertimiento de las aguas.

✓ **Obra de Drenaje No. 2 - Alcantarilla 2**

Esta obra corresponde a una Alcantarilla de diámetro ϕ 24" (0.60m) y una longitud de 4.4m, de acuerdo al inventario la obra presenta un estado estructural aceptable, permite la descarga de cunetas y el cruce de escorrentía superficial. adicionalmente cuenta con los elementos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 18. Elementos de equipamiento de alcantarilla 2

	ENTRADA		SALIDA	
	MURO CABEZAL	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)
	Altura (m)	1.8	Altura (m)	1.8
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO	Longitud (m)	1.6	Longitud (m)	-
	Espesor (m)	0.3	Espesor (m)	-
SOLADO	Altura (m)	0.1	Altura (m)	-

No se cuenta con un sistema de descole apropiado para la entrega de las aguas de escorrentía superficiales y subsuperficiales, por lo cual estas aguas se vierten al terreno natural. A continuación, se presenta fotografías tomadas en la visita, en las cuales se puede evidenciar el estado actual de esta obra hidráulica.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



Fotografía 12. La alcantarilla está equipada con muro cabezal, muro de acompañamiento y solado



Fotografía 13. La tubería de la alcantarilla es de concreto y tiene un diámetro de 24"



Fotografía 14. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural



Fotografía 15. Falta de mantenimiento

✓ **Obra de Drenaje No. 3 - Alcantarilla 3**

Esta obra corresponde a una Alcantarilla de diámetro ϕ 30" (0.75m) y una longitud de 5.0m, de acuerdo al inventario la obra presenta un estado estructural aceptable, permite la descarga de cunetas y el cruce de escorrentía superficial. Adicionalmente cuenta con los elementos de equipamiento mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 19. Elementos de equipamiento de la alcantarilla 3

ENCOLE-DESCOLE	Longitud (m)	-	Longitud (m)	1.5
MURO CABEZAL	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)	1.2
	Altura (m)	2	Altura (m)	2
GUARDARRUEDAS	Longitud (m)	-	Longitud (m)	1.2
	Espesor (m)	-	Espesor (m)	0.2
	Altura (m)	-	Altura (m)	35
ALETAS	Longitud (m)	-	Longitud (m)	1.5
	Altura (m)	-	Altura (m)	1.7
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO	Longitud (m)	1.6	Longitud (m)	-
	Espesor (m)	0.3	Espesor (m)	-
SOLADO	Altura (m)	0.1	Altura (m)	0.1

Fuente: Geodinámica

Si bien se cuenta con un descole de 1.5 m, este no es el apropiado ya que las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural. A continuación, se presenta fotografías tomadas en la visita, en las cuales se puede evidenciar el estado actual de esta obra hidráulica.



Fotografía 16. Se evidencia muro de acompañamiento y muro cabezal



Fotografía 17. Se tiene una tubería en concreto con un diámetro de 30"



Fotografía 18. Se evidencia descole, pero se resalta que este no es eficiente ya que se vierten más adelante las aguas recogidas por esta alcantarilla al terreno natural

✓ **Obra de Drenaje No. 4 - Alcantarillado 4**

Esta obra corresponde a una Alcantarilla de diámetro ϕ 40" (1.0m) y una longitud de 5.26m, de acuerdo al inventario la obra presenta un estado estructural aceptable, permite la descarga de cunetas y el cruce de escorrentía superficial. Adicionalmente, cuenta con los elementos mostrados a continuación. No se registraron daños estructurales. En la siguiente tabla se muestran los elementos de equipamiento que esta posee al momento de realizar la visita de campo.

Tabla 20. Elementos de equipamiento de la alcantarilla 4

	ENTRADA		SALIDA	
	MURO CABEZAL	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)
	Altura (m)	1.8	Altura (m)	1.8
GUARDARRUEDAS	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)	1.2
	Espesor (m)	0.2	Espesor (m)	0.2
	Altura (m)	0.3	Altura (m)	0.3
ALETAS	Longitud (m)	-	Longitud (m)	1.2
	Altura (m)	-	Altura (m)	1.1
SOLADO	Altura (m)	0.1	Altura (m)	0.1

Fuente: Geodinámica

No se cuenta con un sistema de descole apropiado para la entrega de las aguas de escorrentía superficiales y subsuperficiales, por lo cual estas aguas se vierten al terreno natural. A continuación, se presenta fotografías tomadas en la visita, en las cuales se puede evidenciar el estado actual de esta obra hidráulica.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

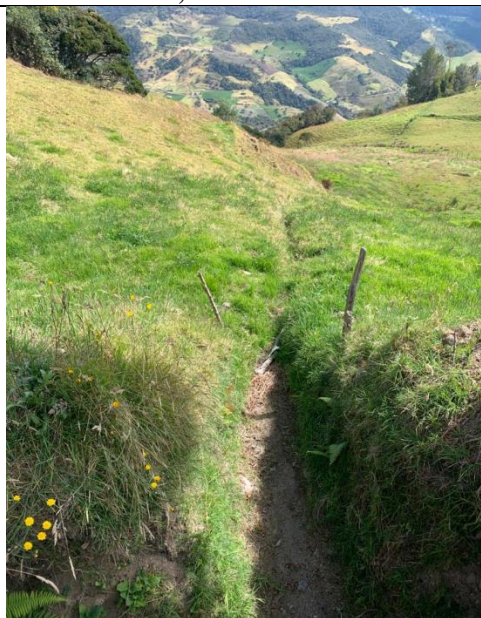
CONTRATO No 278 DE 2022



Fotografía 19. La tubería de la alcantarilla es de concreto, con diámetro de 40"



Fotografía 20. Se evidencia el muro cabezal y muros de acompañamiento



Fotografía 21. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural.



Fotografía 22. Se cuenta con solado, aletas y muro cabezal

✓ **Obra de Drenaje No. 5 - Alcantarilla 5**

Esta obra corresponde a una Alcantarilla de diámetro ϕ 24" (0.60m) y una longitud de 5.6m, de acuerdo al inventario la obra presenta un estado estructural aceptable, permite la descarga de cunetas y el cruce de escorrentía superficial. Adicional a esto, cuenta con los elementos de equipamiento mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 21. Elementos de equipamiento de la alcantarilla 5

	ENTRADA		SALIDA	
	MURO CABEZAL	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)
	Altura (m)	1.8	Altura (m)	1.8
GUARDARRUEDAS	Longitud (m)	1.2	Longitud (m)	1.2
	Espesor (m)	0.2	Espesor (m)	0.2
	Altura (m)	0.3	Altura (m)	1.1
ALETAS	Longitud (m)	-	Longitud (m)	1.2
	Altura (m)	-	Altura (m)	0.3
SOLADO	Altura (m)	0.1	Altura (m)	0.1

Fuente: Geodinámica

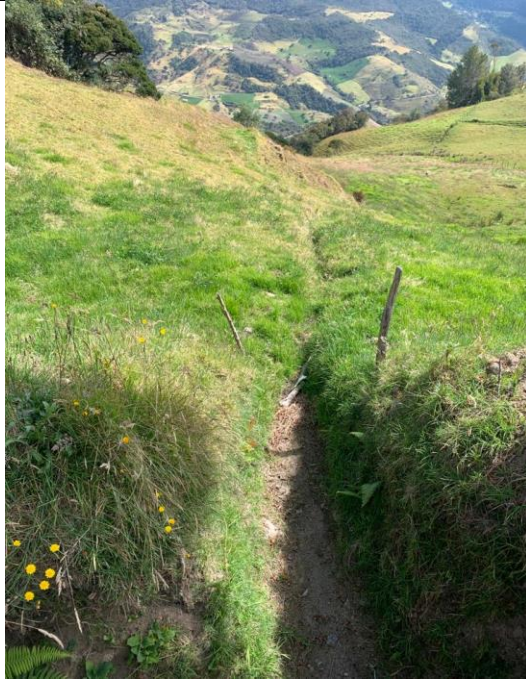
No se cuenta con un sistema de descole apropiado para la entrega de las aguas de escorrentía superficiales y subsuperficiales, por lo cual estas aguas se vierten al terreno natural. A continuación, se presenta fotografías tomadas en la visita, en las cuales se puede evidenciar el estado actual de esta obra hidráulica.



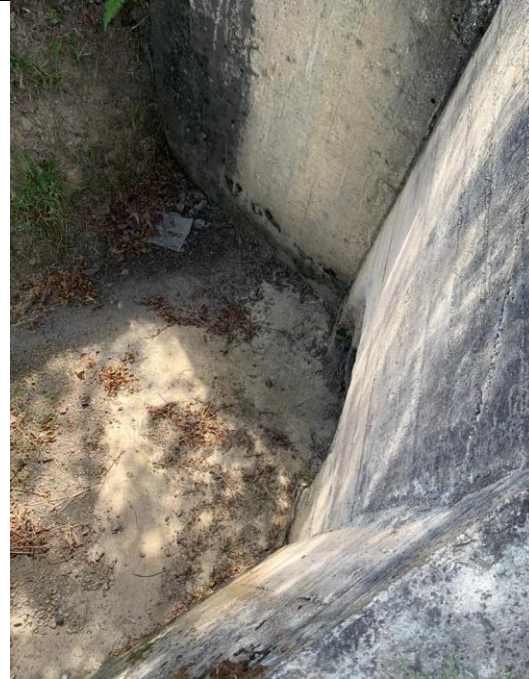
Fotografía 23. La tubería de la alcantarilla es de concreto, con diámetro de 24"



Fotografía 24. Se evidencia que esta esta colmatada por falta de mantenimiento



Fotografía 25. No se cuenta con un descole apropiado, por lo cual las aguas recogidas por esta alcantarilla se vierten al terreno natural.



Fotografía 26. Se cuenta con solado, aletas y muro cabezal

En el salón comunal ubicado en el colegio el Raizal, las obras hidráulicas existentes para la recolección de aguas lluvias se encuentran en mal estado, ya que no se cuenta con una caja de recolección de aguas lluvias, por lo cual las aguas lluvias recogidas se vierte directamente al terreno, ocasionando daños y agrietamientos. A continuación, se muestran imágenes del estado actual de estas obras.



Fotografía 27. Estado actual de obras hidráulicas para la recolección de aguas lluvia, nodo el Raizal

Las canales encargadas de recoger un gran porcentaje de las aguas lluvias del salón comunal y del colegio descargan a un tubo de 2" el cual no cuenta con una caja de recolección, este a su vez tampoco cuenta con un descole, haciendo que estas aguas sean vertidas a talud en el que se encuentra ubicado el muro de concreto el cual tiene como función brindar estabilidad a las estructuras del colegio, estos tubos no presentan características que permitan ser levantados, ya que según información de la comunidad las aguas se vierten directamente al terreno.



Fotografía 28. Tubería de 2" recolectora de aguas lluvias



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



Se resalta que para el nodo el Raizal, las pendientes presentes están en un rango intermedio alto, por lo cual, al no tener un buen manejo de las aguas lluvias y drenajes, existe una mayor probabilidad de presentarse deslizamiento e inestabilidades en el talud.

En la vía que comunica el sector el Raizal con el sector las Animas, metros abajo del muro de concreto existe un dissipador de energía escalonado, no se sabe con exactitud si este es el encargado de recoger las aguas lluvias del talud, dicho dissipador se encuentra fuera del polígono de estudio, por lo cual no se genera levantamiento para esta obra hidráulica. En la siguiente fotografía se puede tener una mejor visual de este.



**Fotografía 29. Dissipador de energía escalonado- vía el Raizal- las Animas.
Fuente Geodinámica**

11.8 CAUDALES DE DISEÑO

Para revisar las necesidades de drenaje de la vía es necesario establecer los caudales de las cuencas que la cruzan, es decir, los que deberán manejar las obras de drenaje. Dichos caudales varían de acuerdo al período de retorno para el cual se diseñan las obras. En función del tipo de obra y de su importancia, los períodos de retorno adoptados para determinar los caudales de diseño son los siguientes:

Tabla 22. Período de retorno según tipo de obra.

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (años)
Box culvert	25
Alcantarillas mayores de 0.90 m de diámetro	20
Alcantarillas hasta de 0.90 m de diámetro	10
Cunetas	5
Subdrenaje	2

Fuente: Manual de drenaje de carreteras de INVIAS.

En los estudios del tramo de vía que corresponden a este informe, se utiliza el método racional para estimar el caudal de diseño para las obras de drenaje, el cual aplica para cuencas con un área menor o igual a 2.5 km². Este criterio está de acuerdo con lo estipulado en el Manual de Drenaje de Carreteras de INVIAS.

Este método permite calcular los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, mediante una ecuación matemática que utiliza las características hidrológicas y morfométricas de cada cuenca y relaciona los caudales de las cuencas en un punto dado con la precipitación máxima que cae sobre la cuenca. El método racional propone la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{F * C * I * A}{3.6}$$

Dónde:

- ✓ Q: Caudal máximo, (m³/s)
- ✓ F: Factor de reducción de la lluvia puntual por área de drenaje, valor adimensional.
- ✓ C: Coeficiente de escorrentía.
- ✓ i: Intensidad de la lluvia, (mm/h)
- ✓ A: Área de Drenaje, (Km²)

- Áreas de Drenaje:

En la siguiente figura se presentan las áreas de drenaje obtenidas para cada obra de drenaje existente:

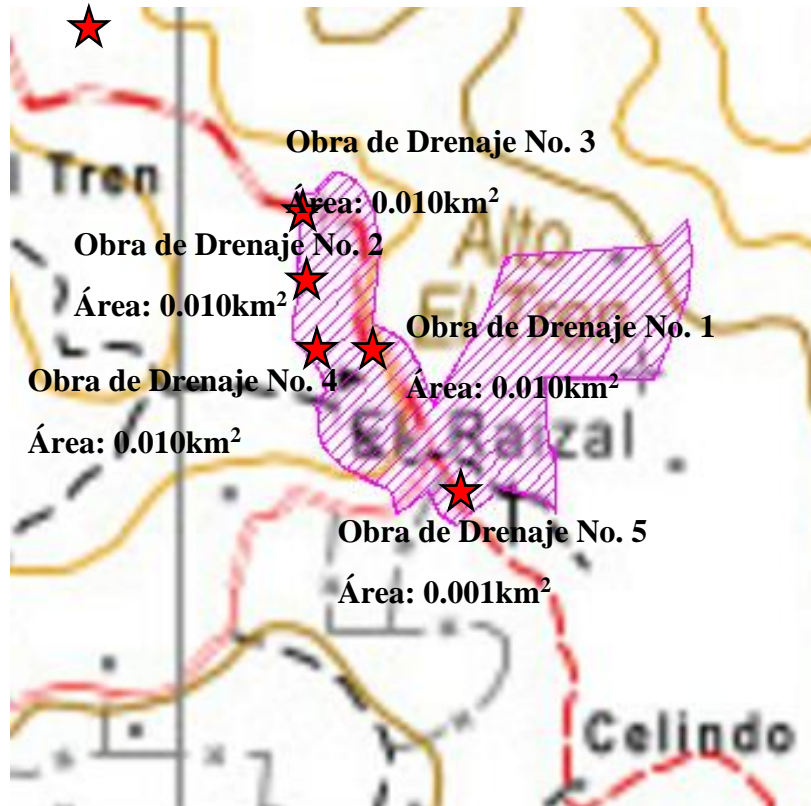


Figura 41. Áreas de Drenaje Obras Existentes
Fuente: Elaboración Propia.

- Factor de Reducción de Lluvia:

Para el Factor de Reducción de la Lluvia Puntual por Área de Drenaje, se tiene en cuenta que en general, la precipitación para una duración determinada (intensidad promedio) decrece desde el centro de las tormentas, a medida que se incrementa la distancia a partir de este punto. La precipitación máxima es representativa del centro de las tormentas, por lo cual la precipitación promedio en la totalidad del área de drenaje deberá ser menor, dependiendo del tamaño y forma de la cuenca, de las tormentas históricas registradas y de la localización del centro de precipitación máxima. Para calcular el factor de reducción de lluvia se emplea la ecuación de Frühling que se presenta a continuación:

$$F(A) = 1.0 - 0.0054 * A^{0.25}$$

Este valor se aplicará para cuencas que superen un área de 1.0 km².

- **Coefficiente de Escorrentía:**

El coeficiente de escorrentía (C), es la relación del total del agua precipitada en una cuenca, con el volumen real de la escorrentía después de descontar las pérdidas por almacenamiento, retención e infiltración. Dependen del uso y tipo de suelo, de la cobertura vegetal y de la condición de humedad antecedente.

Las coberturas de la tierra para el proyecto, se clasificaron de acuerdo a la metodología CORINE Land cover adaptada para Colombia, con esta clasificación se obtuvieron coberturas diferentes las cuales se presentan a continuación:

Tabla 23. Coberturas de la tierra Nodo Raizal

NODO	CÓDIGO	NOMENCLATURA	ÁREA TOTAL (ha)
Raizal	112	Tejido urbano Discontinuo	0,10
	1221	Red Vial y Territorios asociados	0,39
	1412	Parques Cementerios	0,13
	1421	Áreas Culturales	0,19
	2151	Papa	0,03
	2231	Otros Cultivos Permanentes arbóreos	0,14
	231	Pastos Limpios	4,13
	232	Pastos Arbolados	0,14
	233	Pastos Enmalezados	0,18
	3232	Vegetación Secundaria baja	0,52

Fuente: Geodinámica, 2023

Considerando la cobertura del suelo en el sector, se emplean coeficientes de escorrentía de 0.41, 0.44 y 0.48 para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años respectivamente. El coeficiente

de escorrentía se estimó con base a los coeficientes propuestos por V. T. Chow en el libro “Handbook of Applied Hydrology” que se presentan en la siguiente figura:

Figura 42. Coeficientes de Escorrentía – V. T. Chow

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: V. T. Chow, Handbook of Applied Hydrology

- Intensidad:

La intensidad de la precipitación se selecciona para una duración igual a la del tiempo de concentración propio de cada cuenca y para el período de retorno establecido. Por lo tanto, el caudal calculado corresponderá a la creciente con una frecuencia igual a la de la precipitación con la intensidad seleccionada. Para tiempos de concentración inferiores a 15 minutos se utilizó la intensidad correspondiente a tiempo de concentración de 15 minutos, (Ver Curvas IDF).

- Tiempo de Concentración:

Para el tiempo de concentración se realizaron cálculos empleando varias expresiones:

La expresión de Kirpich (U.S. Bureau of Reclamation "Design of Small Dams"), aplica bastante bien a cuencas pequeñas y está dada por la siguiente expresión:

$$T_c = 3.9756 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Dónde:

- ✓ T_c: Tiempo de concentración en minutos, está definido como el tiempo que gasta una gota de agua para llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio donde se quiere calcular el caudal
- ✓ L: Longitud del cauce desde el sitio más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés (km)
- ✓ S: Pendiente ponderada correspondiente a la cuenca de estudio (m/m).

También se aplicó la fórmula de Bransby-Williams² que corresponde a la siguiente ecuación:

$$T_c = \frac{14.6L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

Dónde:

- ✓ T_c: Tiempo de concentración en minutos
- ✓ L: Longitud máxima de la corriente en km
- ✓ A: Área de la cuenca en km².
- ✓ S: Pendiente de la corriente principal en m/m

La formulación propuesta por Ventura Heras, corresponde a la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Dónde:

- ✓ T_c: Tiempo de concentración en minutos
- ✓ L: Longitud máxima de la corriente en km
- ✓ S: Pendiente de la corriente principal en m/m

La formulación propuesta por V.T Chow, corresponde a la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.273 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.64}$$

Dónde:

- ✓ T_c: Tiempo de concentración en minutos
- ✓ L: Longitud máxima de la corriente en km

² Pilgrim y Cordery, 1993, p.9-16

✓ S: Pendiente de la corriente principal en m/m

La formulación propuesta por Temez, corresponde a la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

- ✓ Tc: Tiempo de concentración en minutos
- ✓ L: Longitud máxima de la corriente en km
- ✓ S: Pendiente de la corriente principal en m/m

En general, para la zona en estudio, considerando las características de las cuencas y los cauces, se adopta la Fórmula de Bransby – Williams para los estimativos de caudales, ya que los tiempos de concentración por Kirpich se consideran excesivamente cortos y los tiempos de concentración de Temez, V.T Chow y Ventura Heras tienen un orden de magnitud similar a Bransby Williams.

Finalmente, en la siguiente tabla, se presenta el resumen de los caudales calculados, el número de cuenca, área tributaria, tiempo de concentración, coeficiente de escorrentía e intensidad de lluvia, factor de reducción aplicado y caudal de diseño según el periodo de retorno.

Tabla 24. Evaluación de caudales

No	Área (Km ²)	Long. (Km.)	S (m/m)	Tc Bransby (min)	Coeficiente de escorrentía			I 10 años (mm/h)	I 25 años (mm/h)	I 50 años (mm/h)	Método Racional (Q m ³ /s)		
					10 años	25 años	50 años				Tr=10 años	Tr=25 años	Tr=50 años
1	0.010	0.100	0.10000	15.0	0.44	0.48	0.51	75.6	90.0	102.7	0.09	0.12	0.15
2	0.010	0.100	0.10000	15.0	0.44	0.48	0.51	75.6	90.0	102.7	0.09	0.12	0.15
3	0.010	0.100	0.10000	15.0	0.44	0.48	0.51	75.6	90.0	102.7	0.09	0.12	0.15
4	0.010	0.100	0.10000	15.0	0.44	0.48	0.51	75.6	90.0	102.7	0.09	0.12	0.15
5	0.010	0.100	0.10000	15.0	0.44	0.48	0.51	75.6	90.0	102.7	0.09	0.12	0.15

Fuente: Elaboración Propia.

11.9 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

Los criterios adoptados para el análisis hidráulico de las obras menores se presentan a continuación:

- Las alcantarillas con pendiente supercrítica y flujo de aproximación de carácter subcrítico ($So > Sc$) establecen un control hidráulico de entrada; en el caso contrario ($So < Sc$) existirá flujo con control de salida.
- El dimensionamiento hidráulico se realizó considerando que para el caudal de diseño la lámina de aproximación era igual a la altura del conducto.
- La cabeza de velocidad de la lámina de aproximación se considera despreciable, comparada con la cabeza de velocidad dentro del conducto.
- Igualando energías entre el punto inmediato aguas arriba de la entrada del conducto y la entrada, se establece la siguiente ecuación:

$$H_w = \frac{v_c^2}{2g} + \frac{KV_c^2}{2g} + Y_c$$

Dónde:

- ✓ H_w : Nivel de agua a la entrada; parámetro que establece las dimensiones de la obra de drenaje, en metros.
- ✓ Y_c : Profundidad crítica que se forma inmediatamente aguas abajo de la entrada+ del conducto, en metros.
- ✓ V_c : Velocidad crítica, en m/s.
- ✓ K : Coeficiente de pérdida por entrada. Este coeficiente se estima en 0.5.

Desarrollando la ecuación anterior el “Bureau of Reclamation” presenta la siguiente ecuación, aplicable a alcantarillas circulares:

$$\frac{Q}{D^2} = 2.2$$

Dónde:

- ✓ Q : Caudal, en pies³/s.
- ✓ D : Diámetro de la alcantarilla, en pies.

Para el caso de los Box Culvert se estableció como condición de flujo, según las características naturales de las corrientes predominantes en el proyecto, control hidráulico a la entrada y parámetros de evaluación similar a las alcantarillas circulares. La ecuación resultante es la siguiente:

$$Q = 1.35 * b * H^{3/2}$$

Dónde:

- ✓ H: Nivel del agua a la entrada, altura del conducto, en metros.
- ✓ B: Ancho del conducto, en metros.
- ✓ Q: Caudal, en m³/s.

En todos los casos, las alcantarillas y así mismo los Box Culvert, al presentar una pendiente superior a la crítica desarrollarán un flujo supercrítico, cuyas profundidades varían con las distancias generando movimientos gradualmente variados. Los resultados de los análisis computacionales demuestran que las estructuras existentes funcionaran a flujo libre con control de entrada y que los caudales transitados bajo la estructura no sobrepasaran la cota clave de la estructura proyectada.

Tabla 25. Evaluación Obras de Drenaje

No.	Área (Km ²)	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)	OBRA EXISTENTE						OBSERVACIONES
			Cant	b (m)	f (m)	h (m)	Capacidad (m ³ /s)	Longitud(m)	
1	0.01	0.09	1		0.60		0.34	4.40	Obra de drenaje tipo Alcantarilla existente de diámetro ϕ 24" (0.60 m), se recomienda reemplazo por Alcantarilla de diámetro ϕ 36" (0.90 m).
2	0.01	0.09	1		0.60		0.34	4.50	Obra de drenaje tipo Alcantarilla existente de diámetro ϕ 24" (0.60 m), se recomienda reemplazo por Alcantarilla de diámetro ϕ 36" (0.90 m).
3	0.01	0.09	1		0.75		0.59	5.00	Obra de drenaje tipo Alcantarilla existente de diámetro menor, se recomienda reemplazo por Alcantarilla de diámetro ϕ 36" (0.90 m).
4	0.01	0.12	1		1.00		1.21	5.26	Obra de drenaje tipo Alcantarilla existente requiere actividades de limpieza y mantenimiento.
5	0.01	0.09	1		0.60		0.34	5.60	Obra de drenaje tipo Alcantarilla existente de diámetro menor, se recomienda reemplazo por Alcantarilla de diámetro ϕ 36" (0.90 m).

Fuente: Elaboración Propia.

11.10 EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN

Los resultados de capacidad de filtración de los diferentes depósitos se tomaron a partir de la literatura aportada por el doctor Lambe en su libro *Mecánica de suelos*³. En su libro describe los coeficientes de permeabilidad de la siguiente forma:

Tabla 26. Coeficientes de permeabilidad de depósitos naturales del suelo

Tipo de formación	Valor de k (cm/seg)
Depósitos fluviales	
Ródano en Genissiat	
Pequeños ríos de los Alpes orientales	Hasta 0.40
Missouri	0.02–0.16
Mississippi	0.02–0.20
Depósitos glaciales	
Llanuras de aluvión	0.02–0.12
Esker, Westfield, Mass.	0.05–2.00
Delta, Chicopee, Mass.	0.01–0.13
Till morrénico	0.0001–0.015
Depósitos eólicos	Menor de 0.0001
Arena de médano	0.1–0.3
Loes	0.001 ±
Tierras loésicas	0.0001 ±
Depósitos lacustres y marinos (no costeros)	
Arena muy fina uniforme $U^a = 5-2$	0.0001–0.0064
"Hígado de toro" ^a , 6a. Avenida, N. Y. $U = 5-2$	0.0001–0.0050
"Hígado de Toro", Brooklyn, $U = 5$	0.00001–0.0001
Arcilla	Menor de 0.0000001

^a U = coeficiente de uniformidad
Según Terzaghi y Peck, 1967.

* Nombre dado en la región de Nueva York a un limo inorgánico muy inestable, de consistencia viscosa. (N.T.)

Sin embargo, pruebas posteriores de permeabilidad sobre materiales más comparables lograron determinar lo siguiente:

Tabla 27. Resultados de pruebas de permeabilidad ⁴

Suelo	Tamaño D_{10} (cm)	Permeabilidad (μ /seg)	k/D_{10}^2 (l/seg cm)
Grava gruesa	0.082	1100	16
Grava arenosa	0.020	160	40
Grava fina	0.030	71	8
Grava limosa	0.006	4.6	11
Arena gruesa	0.011	1.1	1
Arena media	0.002	0.29	7
Arena fina	0.003	0.096	1
Limo	0.0006	0.15	42
			Media = 16

³ Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1972). *Mecánica de suelos* (No. 624.151 LAM).

⁴ Lane, K. S., Washburn, D. E., & Krynine, D. P. (1947). Capillarity tests by capillarimeter and by soil filled tubes. In *Highway research board proceedings* (Vol. 26).

En el modelo geológico geotécnico se asignará un valor dependiendo de capacidad de filtración (permeabilidad) de los depósitos, dependiendo del material predominante que se encuentre en la zona.

11.11 BALANCE HÍDRICO

Para realizar el balance hídrico en la zona objeto de estudio, se emplearon los datos de la estación AG Pasca – Aut., esta es la única estación en el sector que permite obtener datos de evaporación, temperatura y precipitación en el sector, a partir de este dato se aplicó el método de Thornthwaite. Este método trata de cuantificar los distintos componentes del balance hídrico en el suelo, el fundamento esta descrito mediante la siguiente ecuación:

$$P = Es + ETR + I$$

Donde,

- ✓ P: Precipitación (en mm/unidad de tiempo, habitualmente año o mes).
- ✓ Es: Escorrentía superficial (en mm/unidad de tiempo).
- ✓ I: Infiltración en el terreno (en mm/unidad de tiempo).
- ✓ ETR: Evapotranspiración real (en mm/unidad de tiempo).

El cálculo del déficit de escurrimiento sobre un periodo de tiempo relativamente corto, como el mes, no puede llegar a cifras correctas más que si se tienen en cuenta las relaciones de un mes con otro de la variación R de las reservas almacenadas en las capas de agua subterránea. Para la estación AG Pasca – Aut., se cuenta con información de evaporación en tanque Clase A, Temperatura y precipitaciones mensuales. El método empleado fue el de Thornthwaite, utilizando como estimación de la Evapotranspiración potencial, una relación comúnmente usada en Colombia, que es $EVP = 0.7 * \text{Evaporación en tanque clase A}$.

Tabla 28. Balance Hídrico – Estación CO Guaicaramo

MES	PRECIPITACIÓN	TEMPERATURA	EVP	DEF	EXC
Enero	54.93	15.4	51.47	-3.46	0.00
Febrero	46.79	15.3	40.87	-5.92	0.00
Marzo	68.45	15.3	47.48	-20.97	0.00
Abril	92.59	15.6	44.77	-71.22	-23.40
Mayo	104.52	15.6	45.36	0.00	59.16
Junio	91.09	15.6	53.30	0.00	37.79

Julio	61.83	15.5	23.90	0.00	37.94
Agosto	55.18	15.3	19.99	0.00	35.18
Septiembre	48.44	15.3	31.54	0.00	16.91
Octubre	52.48	15.6	50.74	0.00	1.74
Noviembre	113.12	15.5	65.04	0.00	48.08
Diciembre	116.46	15.4	58.93	0.00	57.53
Total, Anual	905.89	15.44	533.39	-172.78	270.92

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente figura se muestra la variación espacial de los excesos totales anuales y los déficits totales anual, producto del balance hídrico realizado.

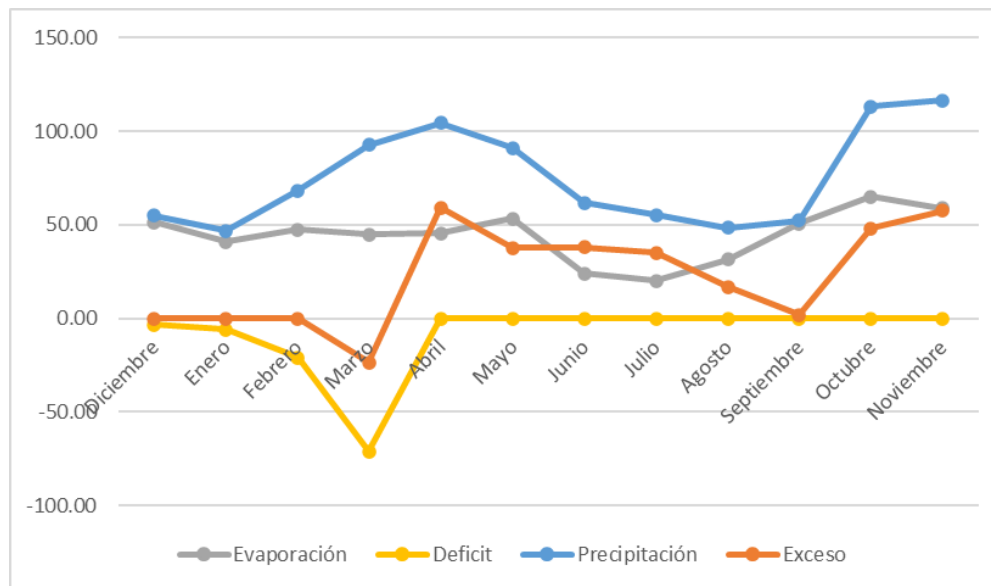


Figura 43. Distribución Mensual de Precipitación Estación AG Pascas
Fuente: Elaboración Propia.

12 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

12.1 PROGRAMA DE EXPLORACIÓN

12.1.1 ANTECEDENTES

12.1.1.1 Estudios previos

Con el fin de obtener información de estudios anteriores e histórico de eventos ocurridos que sirvan como base de consulta para el desarrollo de la caracterización de escenarios de riesgo, y con lo cual, se priorizara y jerarquizara las amenazas por movimiento en masa en el nodo de estudio; por lo tanto, se realiza la respectiva búsqueda de información en diferentes bases de datos asociadas a la gestión de riesgos y prevención de desastres; las bases de datos consultadas fueron DESINVENTAR, SIMMA, Unidad de Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres-UNGRD y reportes generados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR. No obstante, una vez consultadas las diferentes bases de datos se encontró con falta de información en la zona de estudio o cercana a la misma.

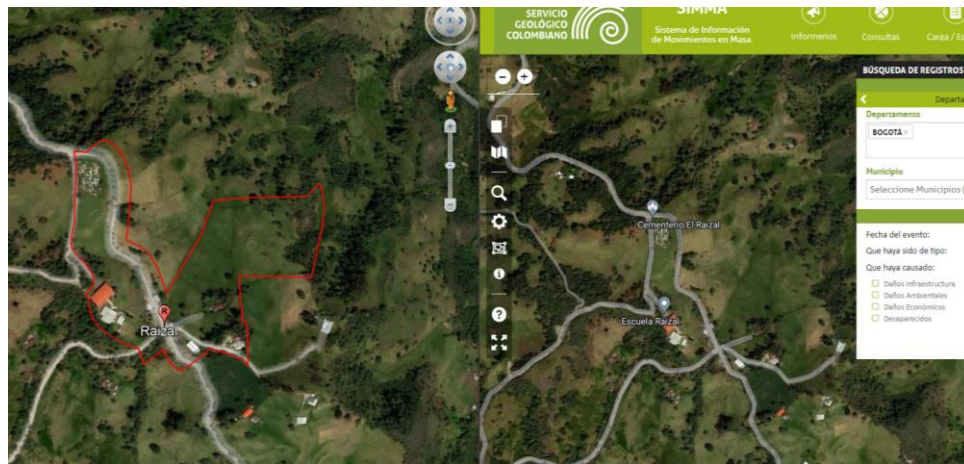


Figura 44. Consulta de Histórico de Eventos-Nodo Raizal
Fuente: SIMMA

- **Diagnósticos técnicos**

Para el nodo el raizal, en el año 2011, mes de junio, la junta de acción comunal el Raizal solicita diagnóstico ya que se presenta riesgo por actividad de la construcción en la Escuela Jaime Garzón.

Para el año 2017, en el mes de mayo, la comunidad registra un escenario de riesgo por movimiento en masa en la finca de la señora Irene Ramírez. En el año 2021 mes de agosto

se realizó un reporte por la comunidad en el cual describían un escenario de riesgo por remoción en masa.

Se está a la espera de información complementaria sobre estos diagnósticos realizados por el IDIGER.

12.2 Diagnóstico Del Área De Estudio:

El día 24 de enero de 2023 se llevó a cabo la visita de reconocimiento inicial del área de estudio del Nodo 2 denominado el Raizal, en compañía del director, el Especialistas en geotecnia, el geólogo y la ingeniera de apoyo de Geodinámica Ingeniería.

Del recorrido realizado se identifican los siguientes hallazgos que comprometen la estabilidad de la zona y el área de estudio.

- En la parte inferior de la escuela El Raizal y a lo largo de la vía, se encuentran ubicadas algunas viviendas, donde se observan algunos cortes y perfilados del terreno para la construcción de las mismas. (Ver las Fotografías 30 y 31).
- A lo largo del polígono se encuentra altas pendientes sobre el terreno, donde el polideportivo y la escuela se encuentran ubicados en la parte alta. (Ver la Fotografía 32).
- Realizando las respectivas visitas a la escuela El Raizal, se observa que en la parte de atrás de la infraestructura de la escuela se construyó un muro desde hace aproximadamente 20 años y que tiene una profundidad aproximada de 12 m, cabe destacar que, sobre esta misma zona, se presenta un drenaje de aguas lluvias el cual se vierte sobre el talud. En la parte trasera de los salones de la escuela, se observan algunos problemas de agrietamiento (Ver las Fotografías 33, 34 y 35).
- A lo largo del polígono, sobre la vía del cementerio a la escuela, se encuentran diferentes alcantarillas de las cuales es posible destacar que en algunas de estas se presenta un descole insuficiente y genera encharcamientos a lo largo del terreno. (Ver la Fotografía 36 y 37).
- A lo ancho de la entrada de la vía que conecta el cementerio con la escuela, se destaca la presencia de un cárcamo, el cual recoge las aguas de ambas vías, y donde se observa gran presencia de material granular, el cual puede generar grandes problemas de taponamiento sobre dicha obra hidráulica. (Ver la Fotografía 38).
- Al frente de la entrada principal del cementerio, se observa un relleno y se destaca que sobre este sitio se presentó un problema de inestabilidad. (Ver la Fotografía 39).
- En el costado derecho superior del nodo de estudio, se encuentra ubicada la iglesia sobre un material rocoso, además es posible encontrar el salón comunal de la zona, donde se observan pendientes abruptas sobre el terreno, y un mal manejo de las aguas



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



lluvias, para esta zona, considerando que las aguas caen directamente al talud. (Ver la Fotografía 40 y 41).

En general, se puede mencionar que el ancho promedio del polígono es de 332 m, y la longitud del mismo es de 374 m, para un área aproximada de 5.96 Ha. El terreno presenta una cobertura vegetal consistente en pastos y arbustos.



Fotografía 30 Cortes encontrados sobre la zona de estudio.



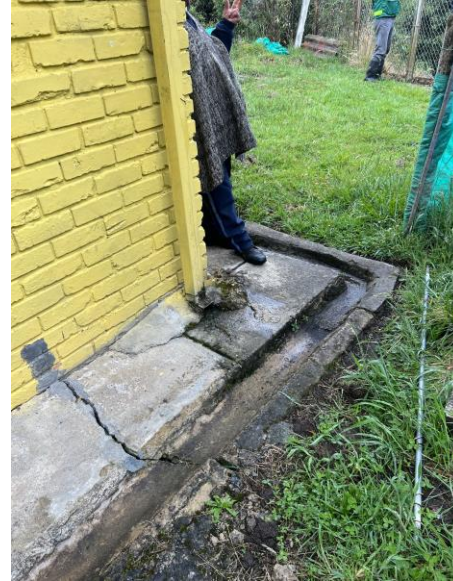
Fotografía 31 Construcciones encontradas sobre la zona de estudio, donde se realizaron cortes en el terreno.



Fotografía 32 Ubicación de la escuela y polideportivo en zona alta.



Fotografía 33 En la parte baja del polideportivo se encuentra construido un muro.



Fotografía 34 Drenaje no controlado que cae al talud.



Fotografía 35 Agrietamiento presentado sobre la infraestructura de la escuela.





ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



<p>Fotografía 36 No se presenta descole adecuado de las alcantarillas.</p>	<p>Fotografía 37 No se presenta descole, el vertimiento se da directamente al terreno.</p>
	
<p>Fotografía 38 Cárcamo encontrado a sobre la vía que da acceso a la escuela y la vía principal.</p>	<p>Fotografía 39 Al frente de la entrada principal del cementerio, se observa un relleno y se destaca que sobre este sitio se presentó un problema de inestabilidad.</p>
	
<p>Fotografía 40 Iglesia sobre macizo rocoso.</p>	<p>Fotografía 41 Salón comunal Altas pendientes.</p>

12.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Para la caracterización geotécnica del área de estudio se ejecutaron Cuatro (4) sondeos mecánicos de 7.10 m, 5.15 m, 6.05 m y 5.10 m de profundidad y dos (2) apiques de 2.10 m de profundidad. En la carpeta 6 GEOTECNIA se encuentran los registros de exploración y fotográficos, con la caracterización y espesores de los materiales presentes en la zona de estudio.

La siguiente tabla se muestran las coordenadas del sondeo y apiques propuestos, mientras que en la siguiente figura se incluye sobre una imagen de Google Earth la localización del sondeo propuesto (marcadores color rojo), y los apiques (marcadores de color amarillo).

Tabla 29. Exploración del Subsuelo

RAIZAL			
Sondeo/Apique	Norte (m)	Este (m)	Prof. (m)
S-1	955474.534	993136.076	7.10
S-2	955474.518	993330.700	5.15
S-3	955608.888	993139.084	6.05
S-4	955448.762	993217.676	5.10
AP-1	955644.824	993175.725	2.10
AP-2	955598.811	993324.159	2.10



Figura 45- Localización de la perforación ejecutada

- Los valores de la investigación de campo - exploración geotécnica, se determinan desde la exploración realizada en campo, donde es importante considerar que los ensayos se ejecutan a partir de las muestras recolectadas, las cuales deben tener condiciones óptimas para el ensayo que lo requiera, por lo cual para generar la orden de ensayo se realiza un análisis en campo de las muestras extraídas y teniendo en cuenta las cantidades de ensayos dadas por el anexo técnico, se verifica que ensayo se le puede realizar a la muestra, evaluando las condiciones que requieren cada ensayo. Algunas de las muestras extraídas no son aptas para realizar ningún tipo de ensayo, debido a la composición y calidad del material, por lo cual no se proyectan ensayos.
- Para este sitio no se usó la totalidad de los ensayos estimados inicialmente, por lo que fue necesario trasladarlos a un nodo que presente una muestra apta, es decir, que presenten condiciones adecuadas.

La exploración del subsuelo, se realizó en su totalidad. Para las muestras extraídas se generan ensayos a las que presentan características apropiadas, considerando que a lo largo de las perforaciones se encuentran muestras a las que no son posible realizarle ningún tipo de ensayo.

12.3.1 Perfiles de campo:

A continuación, se realiza una breve descripción de las muestras obtenidas para los sondeos y apiques. Los registros de exploración y fotográficos se encuentran en el ANEXO 6-GEOTECNIA.

1. SONDEO 1

Este sondeo se encuentra ubicado en la parte suroccidente del polígono, se obtuvieron 8 muestras en las cuales se encontraron los siguientes materiales.

- **0.00 m – 1.50 m** → Relleno compuesto de limo arenosos orgánico, raíces, gravas finas, color de la muestra habano con manchas color gris oscuro y amarillo oscuro. Muestra 1 tipo SPT (N=5 golpes).
- **1.50 m – 4.60 m** → Relleno compuesto de arcilla arenosa con arena fina, gravas finas y medias, restos de ladrillo, raíces, humedad media, color de la muestra café con manchas de color gris oscuro. Muestra 2 tipo Shelby, muestra 3 tipo SPT (N=5 golpes)
- **4.60 m – 5.20 m** → Arcilla limosa con arena fina intercalada, gravas finas, trazas de color amarillo oscuro, humedad media, consistencia media, color de la muestra habano con manchas de color amarillo oscuro. Muestra 5 tipo Shelby, muestra 6 tipo SPT.

- **5.20 m – 6.60 m** → Limo arcillo arenoso de grano fino, gravas finas areniscas, sub redondeadas, humedad media, consistencia rígida, color de la muestra café. Muestra 7 tipo SPT (N=10 golpes)
- **6.60 m – 7.10 m** → Limo arcilloso de grano fino, con gravas finas de areniscas, humedad alta, consistencia muy rígida, color de la muestra café con manchas de color habano y amarillo oscuro. Muestra 8 tipo SPT (N=20 golpes)

A continuación, se muestran algunas fotografías de las muestras extraídas en este sondeo.



Figura 46. Muestras sondeo # 1

2. SONDEO 2

Este sondeo se encuentra ubicado en la parte suroriente del polígono, se obtuvieron 6 muestras en las cuales se encontraron los siguientes materiales.

- **0.00 m – 0.30 m** → Relleno compuesto de limo arenoso, escombros de construcción, gravas finas, raíces finas, color del estrato café
- **0.30 m – 0.80 m** → Limo arcillo arenoso de grano, puntos de oxido, gravas finas y medias, consistencia dura, color de la muestra café. Muestra 1 tipo SPT (N=39 golpes)
- **0.80 m – 2.90 m** → Arcilla limo arenosa de grano fino, gravas finas y medias, humedad media, consistencia dura, color de la muestra café con manchas color gris. Muestra 3 tipo Shelby, muestra 3 cambio de broca NQ.
- **2.90 m – 4.00 m** → Arcilla limosa plástica fisurada, gravas medias y gruesas, humedad media consistencia dura, color de la muestra gris claro con manchas de color gris oscuro. Muestra 4 broca NQ

- 4.00 m – 5.15 m** → Lutita arcillosa fisurada, vetas de color amarillo oscuro, gravas medias, color de la muestra café oscuro con manchas color gris oscuro. Muestra 5 BROCA NQ, muestra 6 tipo SPT (N=53/5” golpes) rechazo.



Figura 47. Muestras sondeo # 2

3. SONDEO 3

Este sondeo se encuentra ubicado en la parte suroriente del polígono, se obtuvieron 6 muestras en las cuales se encontraron los siguientes materiales.

- 0.00 m – 0.60 m** → Capa vegetal limo orgánico con raíces, color de la muestra negro.
- 0.60 m – 2.10 m** → Arcilla limosa arenosa de grafo fino, gravas finas arenisca, trazas de lutita, puntos de ocre y oxido, plástica, W" alta, consistencia alta, color de la muestra café con manchas de color habano y gris. Muestra 1 SPT (N= 14 golpes), muestra 2 tipo Shelby.
- 2.10 m – 4.80 m** → Arcilla limosa plástica con arena fina, gravas finas, trazas de lutita oxidadas, humedad media, consistencia muy rígida, color de la muestra café con manchas de color habano, amarillo oscuro y gris. Muestra 3 tipo SPT (N=23 golpes), muestra 4 tipo Shelby y muestra 5 tipo SPT (N=29 golpes)
- 4.80 m – 6.05 m** → Limo arcillo arenoso de grano fino, gravas finas y medias de arenisca, restos de lutita, humedad media, consistencia dura, color de la

muestra amarillo oscuro con manchas de color habano, café y gris. Muestra 6 tipo Shelby, muestra 7 tipo SPT (N=37 golpes)



Figura 48. Muestras sondeo # 3

4. SONDEO 4

Este sondeo se encuentra ubicado en la parte central del polígono en el costado sur occidental de la vía, se obtuvieron 5 muestras en las cuales se encontraron los siguientes materiales.

- **0.00 m – 0.80 m** → Relleno compuesto de limo arenoso de grano fino, gravas finas y medias, raíces, color de la muestra gris claro con manchas de color habano y café. Muestra 1 tipo SPT (N=4 golpes)
- **0.80 m – 1.70 m** → Lutita fracturada, con lentes de arcilla, gravas finas y medias de arenisca, color de la muestra habano con manchas de color gris claro. Muestra 2 tipo Shelby
- **1.70 m – 4.00 m** → Roca fracturada, arenisca de grano fino con vetas e intercalaciones de arcilla y lutita, color de la muestra habano con manchas de color gris y amarillo oscuro. Muestra 3 y 4 broca NQ.
- **4.00 m – 5.10 m** → Roca fracturada de grano fino, lentes de arcilla arenosa y lutita, color de la muestra gris oscuro con manchas de color habano, amarillo oscuro vetas blancas. Muestra 5 broca NQ.



Figura 49. Muestras del sondeo # 4

5. APIQUE 1

Este apique se encuentra ubicado en la parte noroccidente del polígono, se realizó muestra tipo cubo a una profundidad de 1.20 m hasta 1.45 y muestra tipo SPT. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio para realizar los ensayos previamente programados. A continuación, se presentan imágenes de las muestras.



Figura 50. Muestras apique # 1

6. APIQUE 2

Este apique se encuentra ubicado en la parte nororiente del polígono, se realizó muestra tipo cubo a una profundidad de 1.25 m hasta 1.50 y muestra tipo SPT. Estas

muestras fueron llevadas al laboratorio para realizar los ensayos previamente programados. A continuación, se presentan imágenes de las muestras.



Figura 51. Muestras apique # 2

12.3.2 Resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT)

Durante la ejecución de los sondeos se llevó a cabo el ensayo de penetración estándar SPT del cual se obtuvo valores de N (golpes) que permiten correlacionar con la consistencia de los materiales arcillosos y la densidad de los materiales granulares. Se observa el aumento del valor de N con la profundidad para los sondeos S-1, S-3.

Para el caso del sondeo S-1 la capa de suelo limo arcilloso presente desde los 6.60 m a 7.10 m de profundidad, se obtuvieron valores de (N70=10) Y (N60=12), que se asocian a una consistencia variable entre media a rígida.

Para el caso del S-2 se observa que el rechazo se obtuvo a 1.70 m con la presencia de la capa de arcilla limo arenosa con gravas medias y gruesas, por lo anterior para esta capa la cual se encuentra entre 0.80 a 2.9 m de profundidad se encontraron valores de N corregido (N70=112) y (N60= 131) los cuales se correlacionan con una consistencia dura.

Con respecto al sondeo S-3 se observa que la capa de limo arcilloso de grano fino presente desde los 4.80 m a 6.05 m de profundidad, se obtuvieron valores de (N70=21) y (N60=25), los cuales se asocian a una consistencia muy rígida. Para el sondeo S-4 se observa que la capa de roca fracturada se encuentra presente desde los 1.70 m a 5.10 m.

En la siguiente figura se muestra la variación de N70 y 60 con la profundidad para cada uno de los sondeos ejecutados.

Los resultados obtenidos de la correlación de N70 con la resistencia al corte no drenado⁵ se incluyen en las figuras que se presentan a continuación, en la cual se observan valores de En la siguiente figura se muestra la variación de c_u con la profundidad para cada uno de los sondeos, de haberse obtenido este parámetro por ensayo de corte directo se dará total prelación a este.

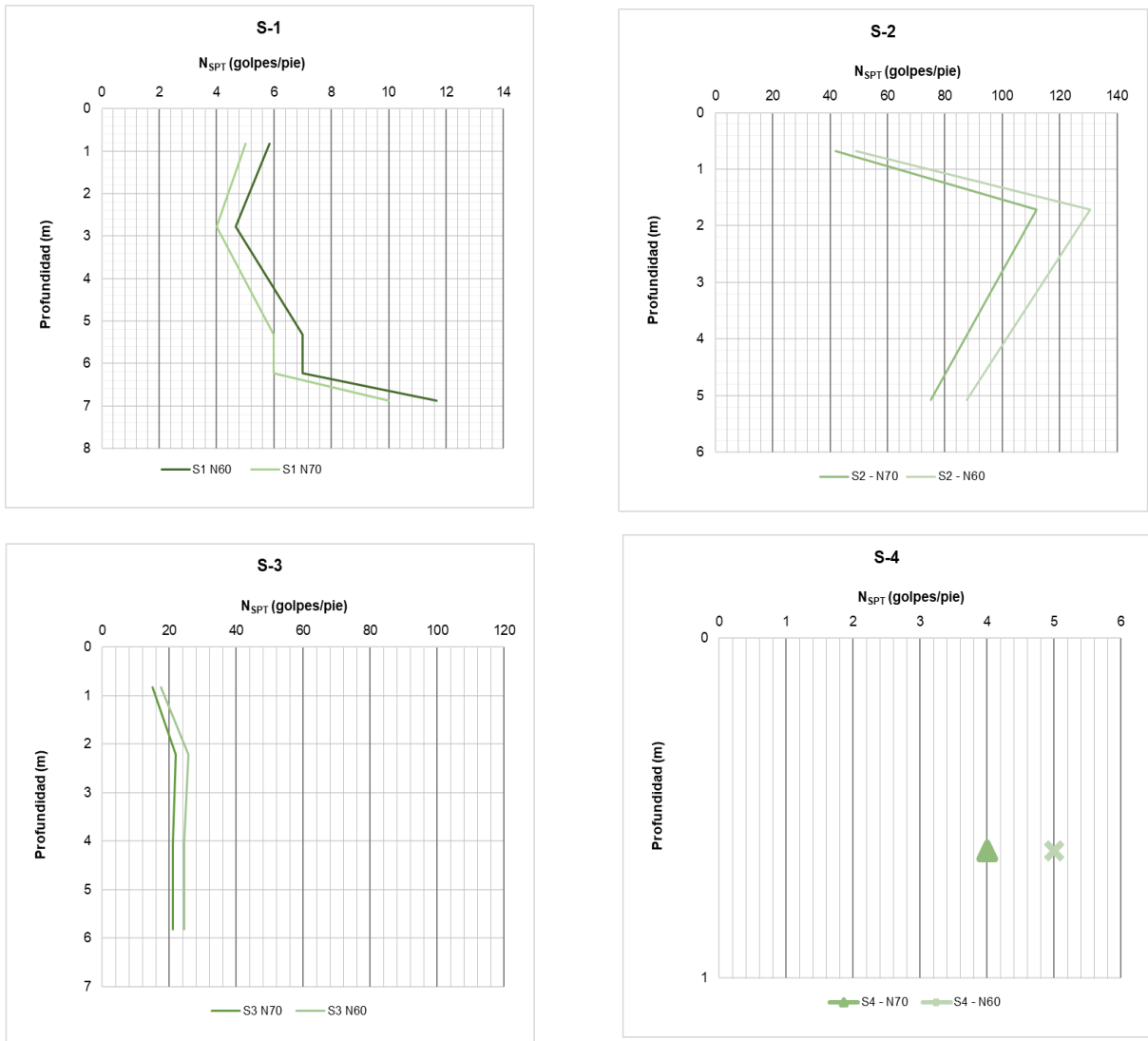


Figura 52. Variación de la resistencia a la penetración N en golpes/pie del ensayo de SPT
Fuente: Geodinámica Ingeniería (2023)

⁵ Bowles, J. E. (1988). *Foundation analysis and design*.

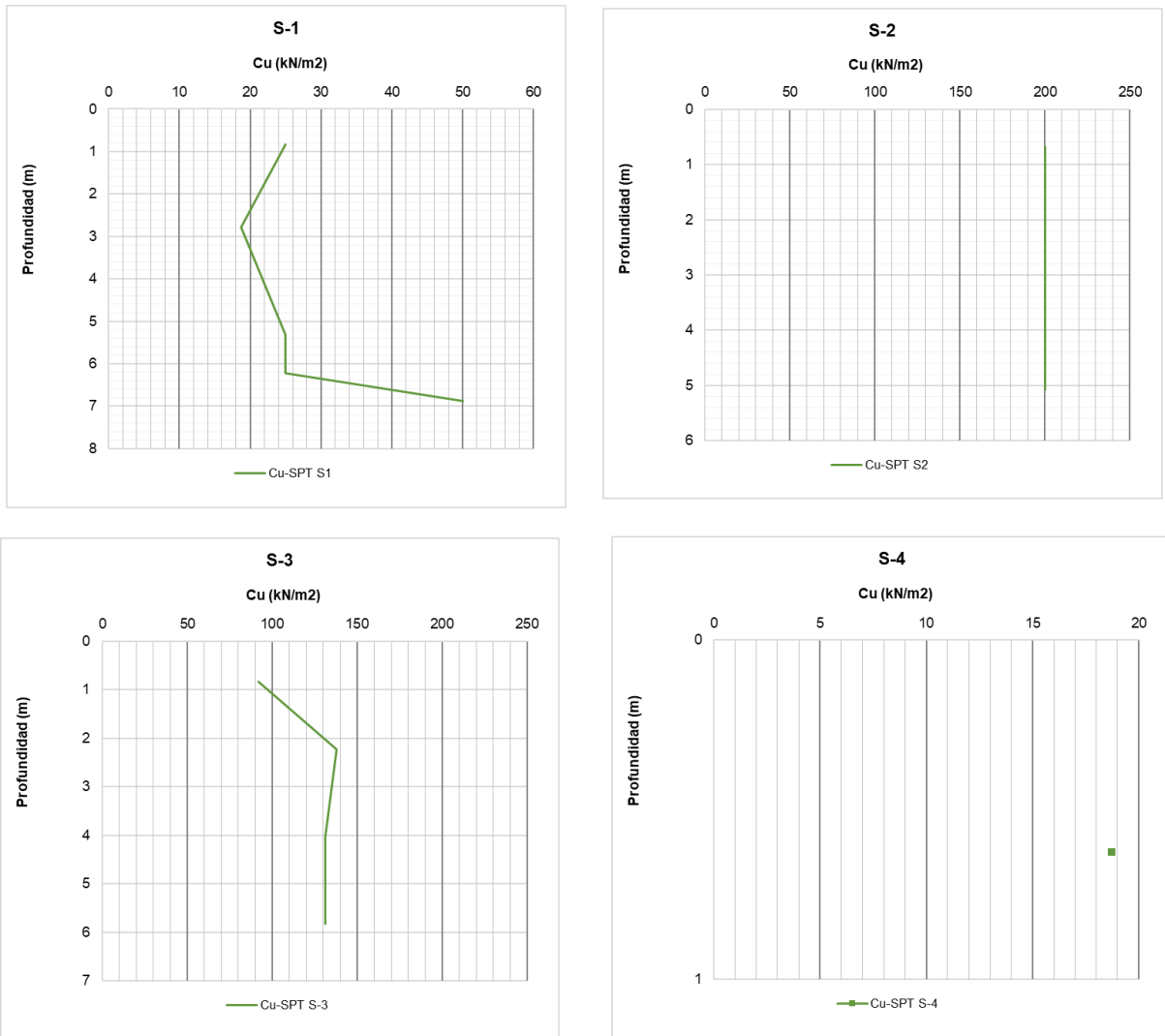


Figura 53. Variación de resistencia al corte no drenado correlacionada a partir de valores de N del ensayo de SPT
Fuente: Geodinámica Ingeniería (2023)

12.3.2.1 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Con la metodología propuesta por González, A. J. (1999), se estimaron los parámetros c' y ϕ' de manera aproximada por tipo de material. Este método consiste en graficar puntos (σ_v' , τ) en planos Mohr – Coulomb, donde los coeficientes de la regresión lineal corresponden a los parámetros geomecánicos efectivos buscados. El esfuerzo efectivo vertical se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geostático total y la presión de poros y , el esfuerzo cortante a la profundidad del ensayo se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente estimado como se describió anteriormente.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para ángulo de fricción vs profundidad para cada uno de los sondeos.

- **SONDEO 1**

Tabla 30. Resultados de ϕ y c' S-1

Profundidad media	ϕ	c'
0.8	28.0	25.0
2.8	25.2	18.8
5.3	28.0	25.0
6.2	28.0	25.0
6.9	34.4	50.0

Fuente Geodinámica (2023)

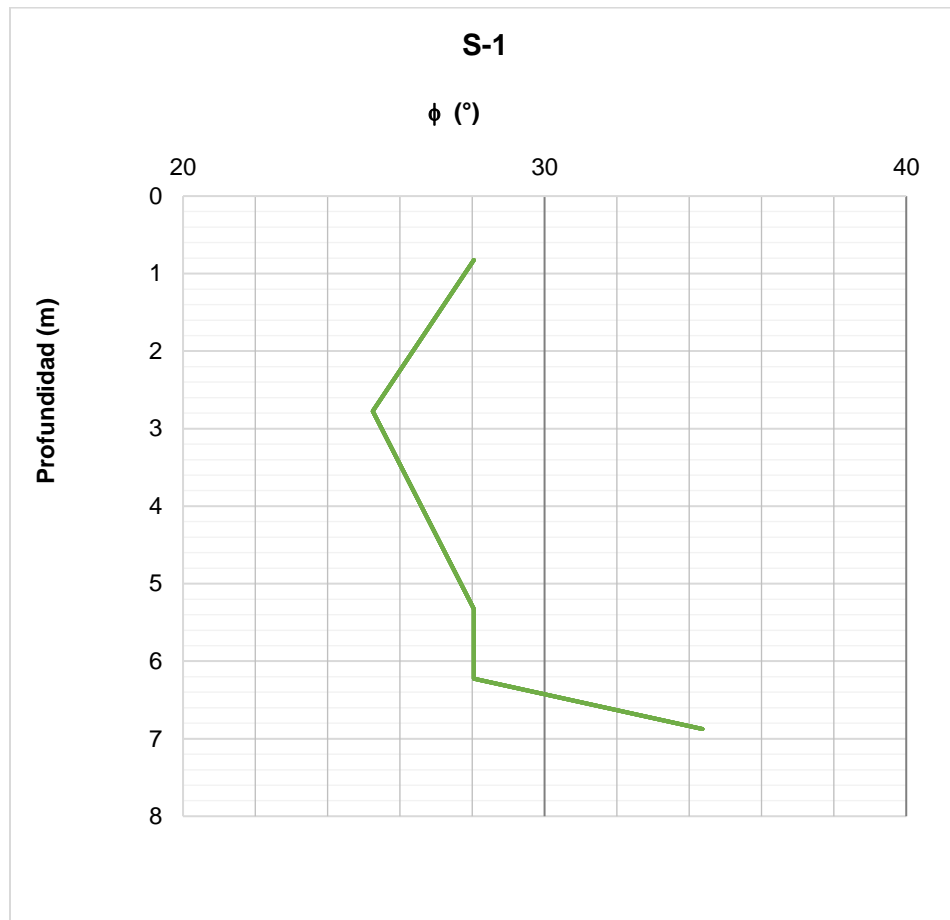


Figura 54. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-1

- SONDEO 2**

Tabla 31. Resultados de ϕ y c' S-2

Profundidad media	ϕ	c'
0.7	57.1	200.0
1.7	75.9	200.0
5.1	65.4	200.0

Fuente Geodinámica (2023)

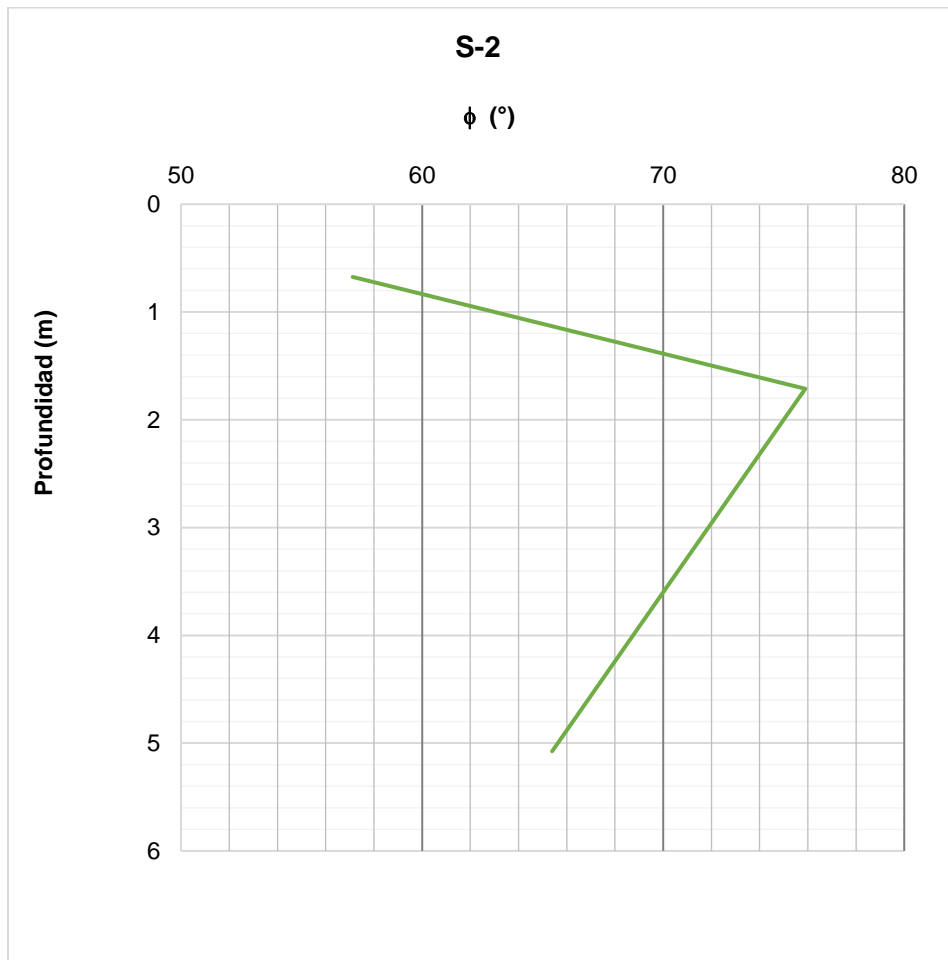


Figura 55. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-2

- SONDEO 3**

Tabla 32. Resultados de ϕ y c' S-3

Profundidad media	ϕ	c'
0.8	38.7	92.0
2.2	41.6	138.0
4.0	42.4	131.0
5.8	43.7	131.0

Fuente Geodinámica (2023)

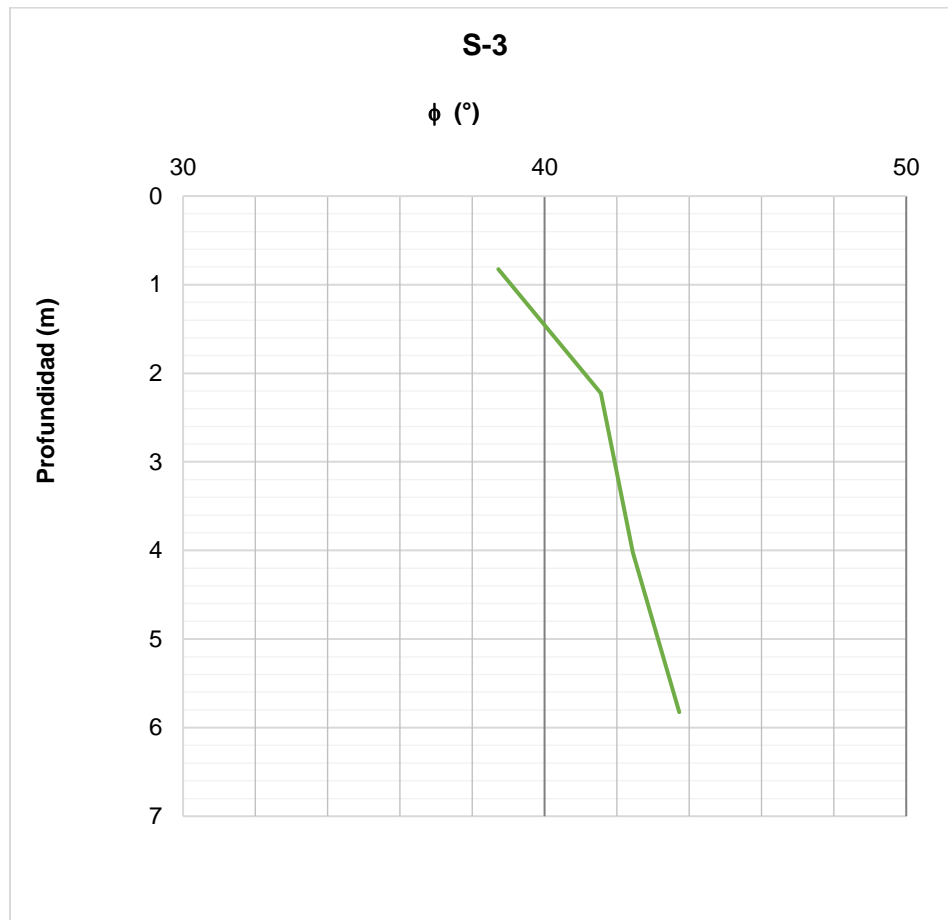


Figura 56. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-3

- **SONDEO 4**

Tabla 33. Resultados de ϕ y c' S-4

Profundidad media	ϕ	c'
0.6	26.2	18.8

Fuente Geodinámica (2023)

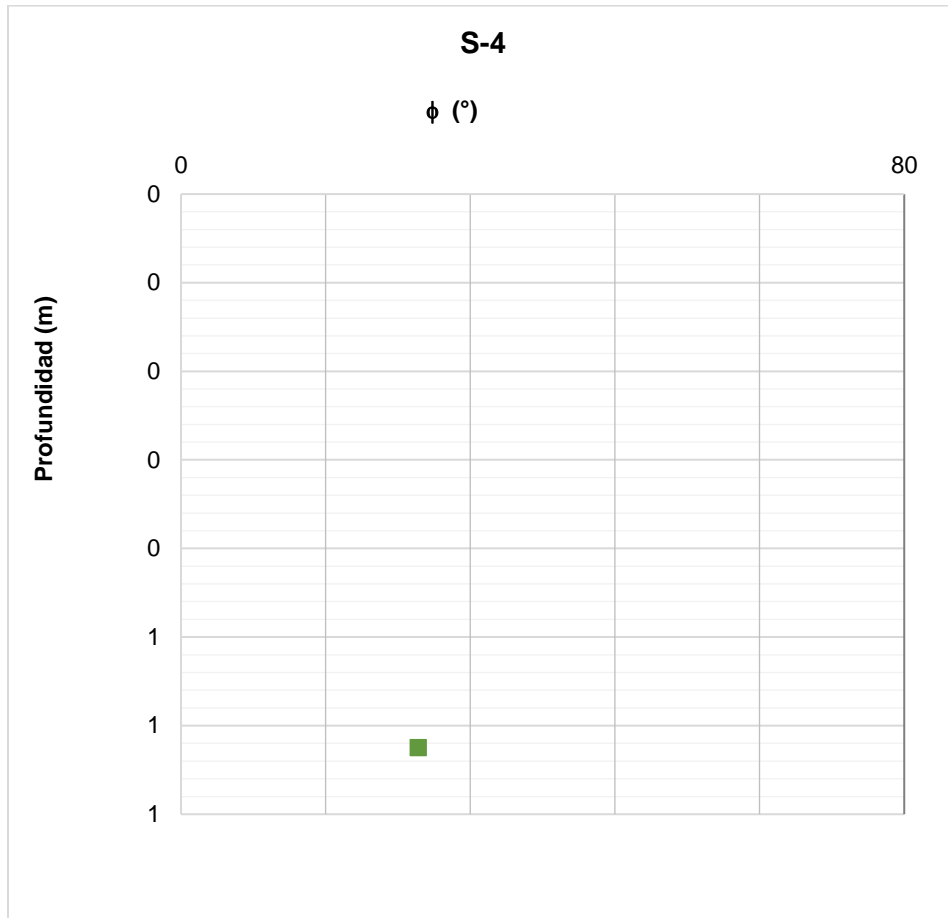


Figura 57. Resultados Angulo de Fricción Vs profundidad S-4

12.3.2.2 PORCENTAJE DE RECOBRO

De los registros de perforación se puede observar que el porcentaje de recobro de las muestras del sondeo S-1 es alto con una variación entre 60 a 90 %, tal como se indica en la siguiente Figura.

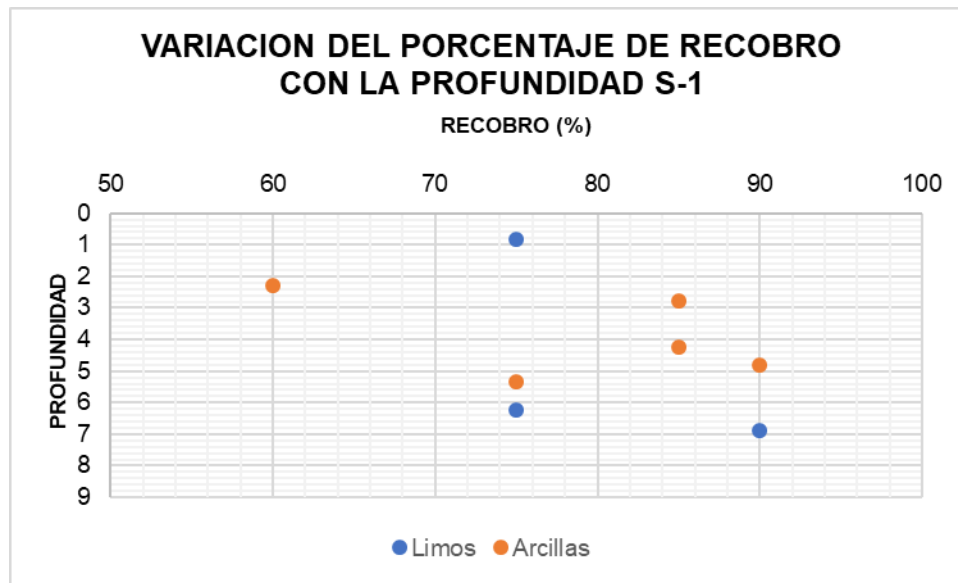


Figura 58. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-1
 Fuente: Geodinámica Ingeniería (2023)

Para el sondeo S-2 se observa que el porcentaje de recobro de las muestras está en una variación entre el 40 y el 90 %, tal como se indica en la siguiente Figura.

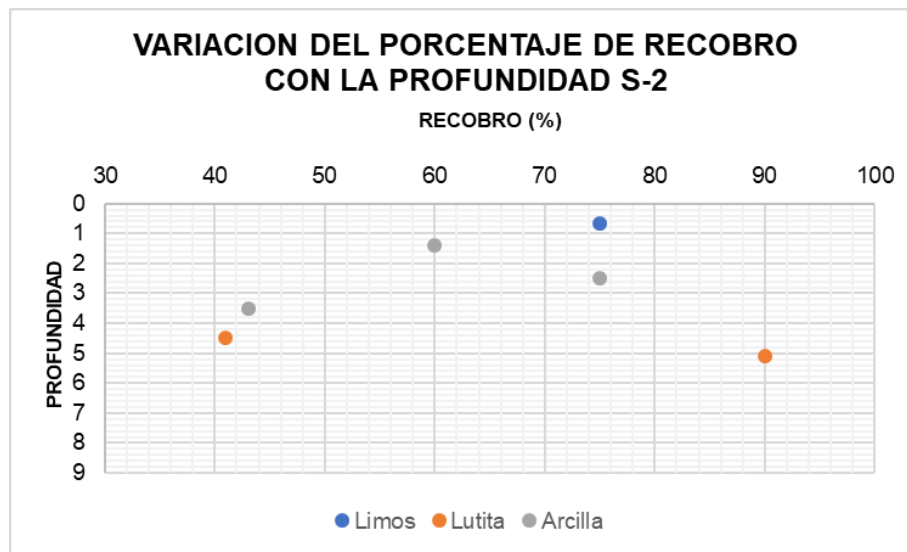


Figura 59. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-2
 Fuente: Geodinámica Ingeniería (2023)

Para el sondeo S-3 se observa que el porcentaje de recobro de las muestras está en una variación entre el 70 y el 90 %, tal como se indica en la siguiente Figura.

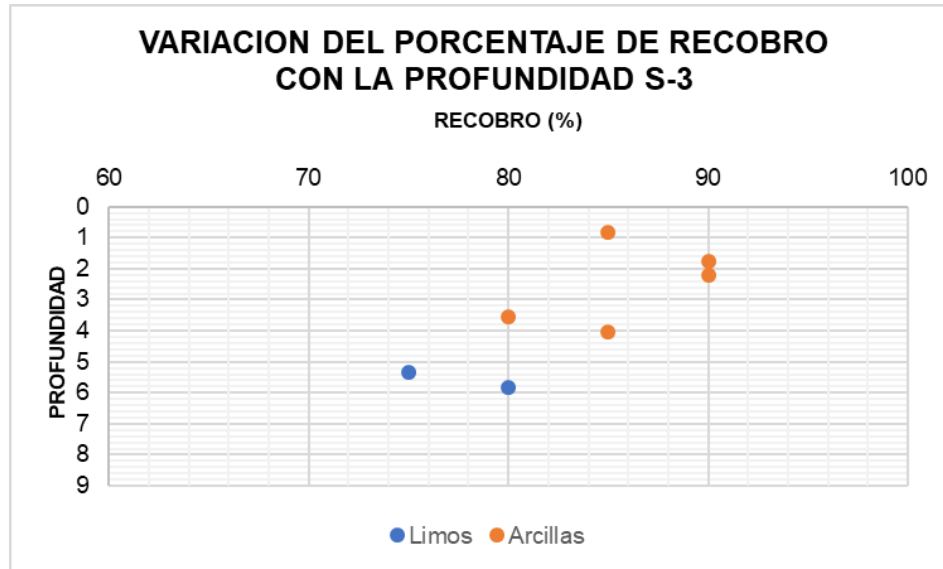


Figura 60. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-3
Fuente: Geodinámica Ingeniería (2023)

Para el sondeo S-4 se observa que el porcentaje de recobro de las muestras está en una variación entre el 40 y el 90 %, tal como se indica en la siguiente Figura.

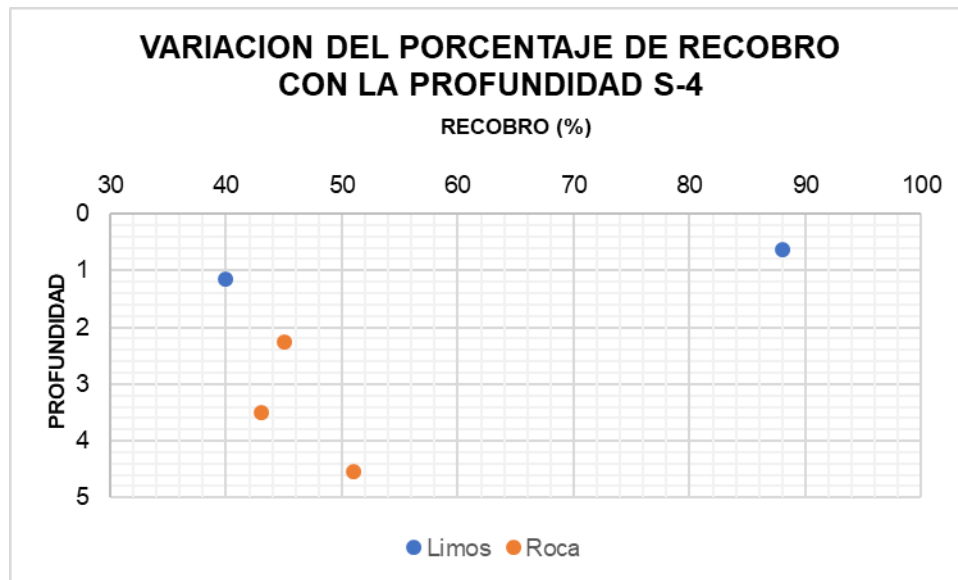


Figura 61. Variación del porcentaje de recobro con la profundidad S-4
 Fuente: Geodinámica Ingeniería (2023)

12.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Durante la ejecución del proyecto se realizaron ensayos de, análisis granulométrico, determinación de la densidad (Peso unitario), determinación de la gravedad específica, determinación limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad, determinación de contenido de agua, compresión confinada, hidrometrías, corte directo en condición CD, consolidación rápida y determinación del contenido orgánico. Las cantidades de ensayos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 34 – Cantidades de ensayos realizados para el nodo Raizal

ENSAYOS DE LABORATORIO	CANTIDAD
Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino	6
Determinación de la densidad (peso unitario) de muestras de suelo.	3
Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y del llenante mineral, empleando un picnómetro con agua	1

Determinación límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos	1
Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo - agregado	8
Compresión inconfiada en muestras de suelo	1
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos (granulometría por tamizado e hidrometría)	3
Corte directo en condición CD, consolidada - drenada (3 puntos)	1
Consolidación Rápida	1
Resistencia a la compresión uniaxial de muestras de rocas intactas	1
Determinación del contenido orgánico de un suelo mediante el ensayo de pérdida por ignición	1
Carga puntual en muestras de roca intacta	1

(*) Se toma un resultado de peso unitario de los ensayos de compresión inconfiada

12.4.1 HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE ATTERBERG

La humedad natural a lo largo del perfil del subsuelo presenta una variación entre 7.40 % a 69.80 %, donde se evidencia que los valores de humedad del suelo o estrato disminuyen a medida que la profundidad aumenta.

A continuación, es posible observar la gráfica de la humedad natural presentada.

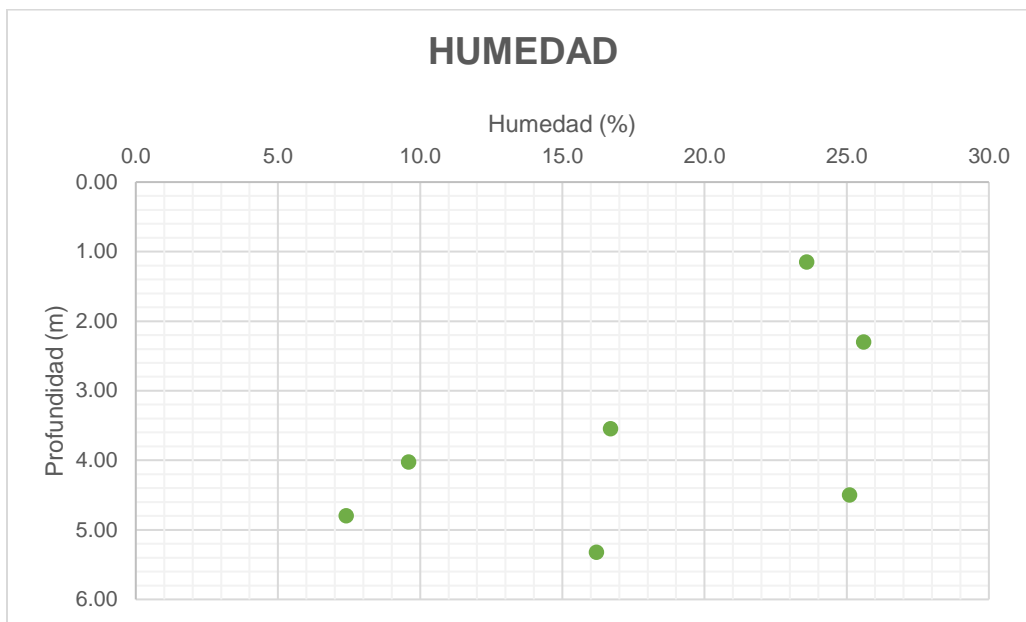


Figura 62. % Humedad Vs Profundidad

12.4.2 LIMITES DE ATTERBERG

Para este nodo, se realizó un ensayo de límites de Atterberg para la muestra 3 del sondeo 3, el límite líquido el cual permite determinar el porcentaje de humedad con que un suelo cambia es de 55%; para el caso del límite plástico, que es la humedad a la cual un pequeño cilindro de suelo comienza a desmigajarse es del 27%. Por último, el índice de plasticidad el cual indica el tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad con el cual el suelo se mantiene plástico, presenta un valor de 28%.

De acuerdo con la carta de plasticidad el material se clasifica como una grava arcillosa con arena (GC) tal como se incluye en la siguiente Figura.



Figura 63. % Carta de plasticidad de Casagrande

12.4.3 GRANULOMETRÍA

A una profundidad de 1.0 m a 1.3 m, es posible encontrar una composición granulométrica de 51.3% de finos, 23.9% de arenas y 24.7% de gravas. La composición granulométrica promedio del material encontrado a una profundidad de 1.1 m a 1.7 m, es de 85.9% de finos, 13.5% de arenas y 0.6% de gravas.

Para una profundidad desde 1.6 m hasta 2.1 m, la composición granulométrica es de 44.9% para finos, 18.7% para arenas y 36.4% para gravas. A una profundidad de 2.05 m a 2.55 m, se presenta una composición granulométrica promedio de 35.8% de finos, 40.5% de arenas y 23.7% de gravas. Por último, para una profundidad de 5.1 m a 5.5 m, la composición granulométrica promedio es de 8.8% de finos, 31.4% de arenas y 59.7% de gravas.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.

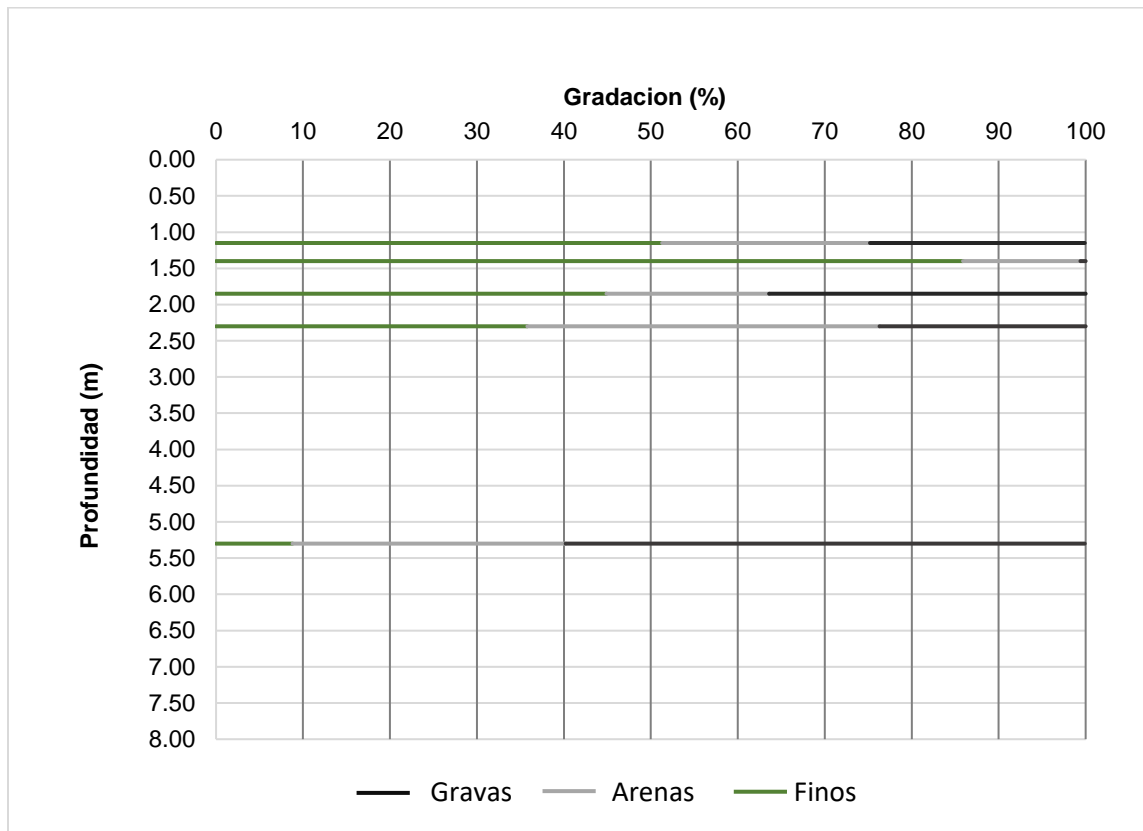


Figura 64. Distribución granulométrica Vs profundidad

12.4.4 PESO UNITARIO:

El peso unitario total presenta una variación entre 19.58 kN/m³ a 19.73 kN/m³, con un valor promedio de 19.60 kN/m³.



Figura 65. Peso unitario Vs. Profundidad

12.4.5 GRAVEDAD ESPECÍFICA

Para este nodo, el valor de gravedad específica (Gs) obtenido se encuentra entre de 2.452 a 2.790.

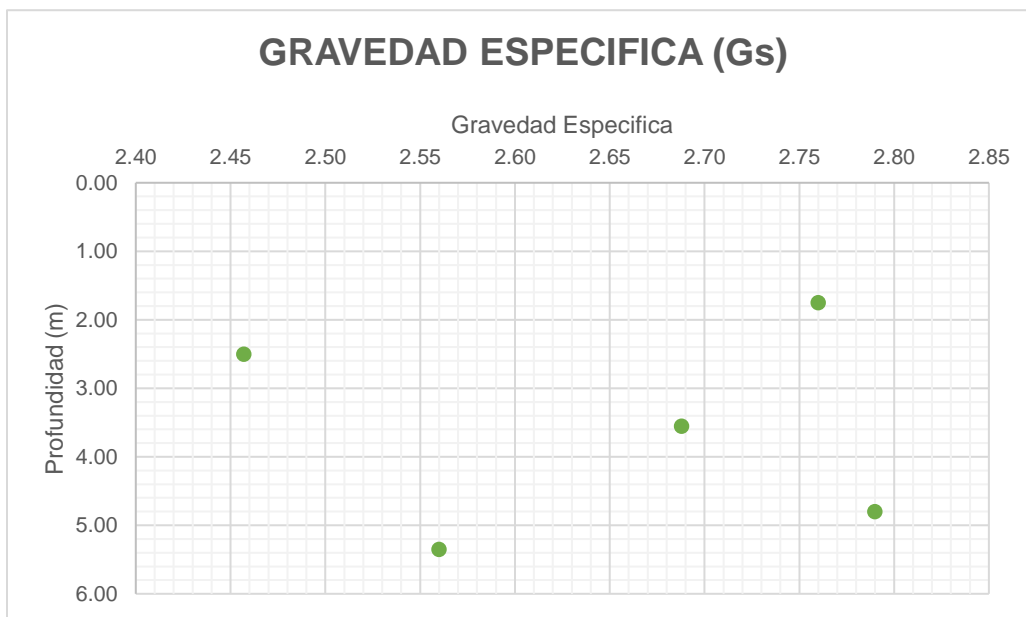


Figura 66. % Gravedad específica Vs Profundidad

12.4.6 CORTE DIRECTO

Este ensayo se realizó sobre 1 muestra extraída del presente estudio, permitiendo determinar las condiciones o parámetros de resistencia de los materiales más superficiales o rellenos, junto con el material identificado del S3 (M4) sobre el cual se extrajo una muestra representativa por medio de barrena. El valor obtenido para ángulo de fricción es de 34° y de 16.67 kPa para cohesión en el estrato 4.

Tabla 35 – Resultados de ensayos de corte directo

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Descripción	Cohesión c' kPa	Ángulo de fricción (ϕ')
S3	4	2.0 – 4.8	Arcilla limosa plástica con arena fina, gravas finas, trazas de lutita oxidadas, humedad media, consistencia muy rígida, color de la muestra café con manchas de color habano, amarillo oscuro y gris.	16.67	34

12.4.7 CONSOLIDACIÓN RÁPIDA:

Este ensayo se realizó sobre 1 muestra extraída del presente estudio, junto con el material identificado del S1 (M5). El esfuerzo de pre consolidación para esta muestra fue de 182 kPa.

Tabla 36 – Resultados de ensayos de corte directo

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Descripción	Esfuerzo de Pre consolidación (kPa)
S1	4	4.5 – 5.1	Arcilla limosa con arena fina intercalada, gravas finas, trazas de color amarillo oscuro, humedad media, consistencia media, color de la muestra habano con manchas de color amarillo oscuro.	182

12.4.8 HIDROMETRIAS:

Este ensayo se realizó en tres muestras extraídas del presente estudio, en los materiales identificados del S2 (M3), S3 (M2) y AP-2 (CUBO), en los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

- **S2 (M3):**

En esta muestra se obtuvieron los siguientes resultados:

- % de gravas → 31.8%
- % de arena gruesa → 8.7%
- % de arena media → 11.2%
- % de arena fina → 10.6%
- **% de finos → 37.7%**
- % de Limos → 6.2%
- % de arcillas → 31.5%

La siguiente figura, permite conocer la curva hidrométrica de la muestra en estudio.

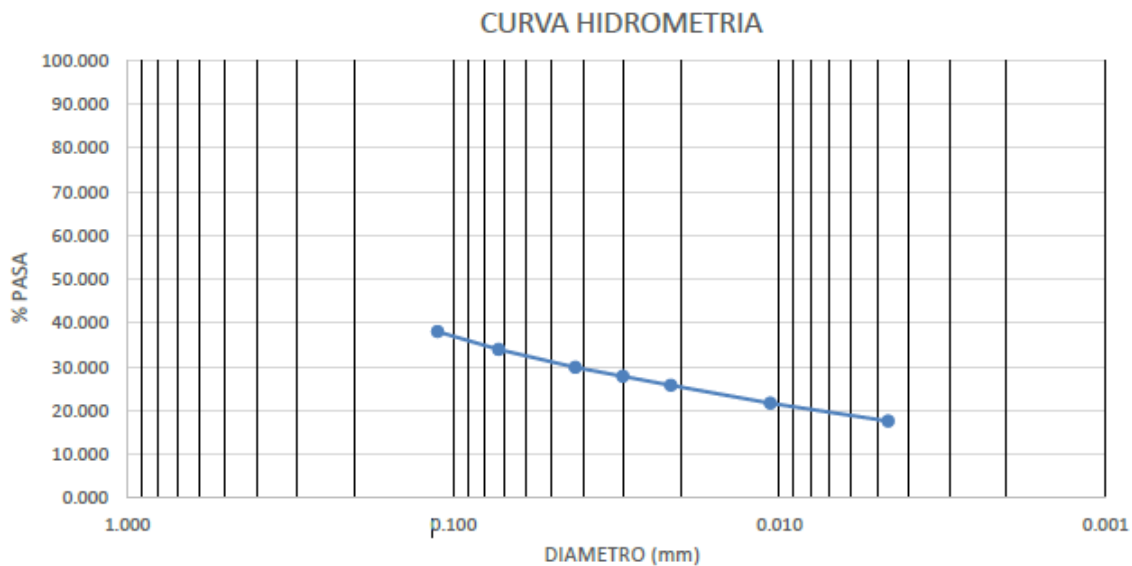


Figura 67. % Curva Hidrometría S2(M3)
Fuente: Bateman Ingeniería S.A.S. (2023)

- **S3 (M2):**

En esta muestra se obtuvieron los siguientes resultados:

- % de arena media → 3.1%

- % de arena fina → 5.5%
- **% de finos → 91.5%**
- % de Limos → 42.1%
- % de arcillas → 49.4%

La siguiente figura, permite conocer la curva hidrométrica de la muestra en estudio.

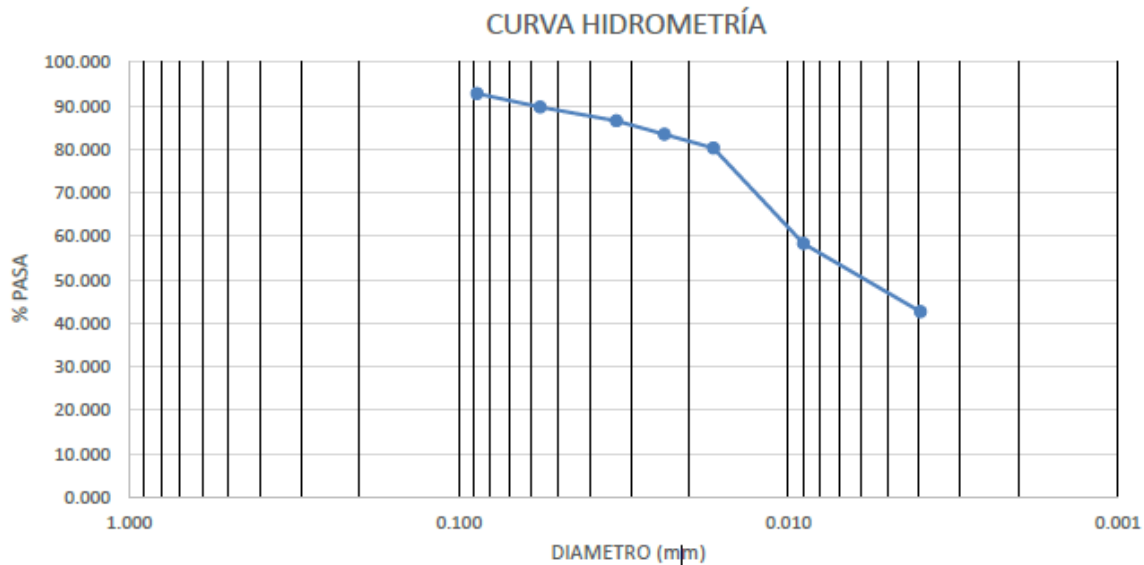


Figura 68. % Curva Hidrometría S3(M2)
Fuente: Bateman Ingeniería S.A.S. (2023)

- AP-2 (CUBO):

En esta muestra se obtuvieron los siguientes resultados:

- % de arena media → 1.0%
- % de arena fina → 11.3%
- **% de finos → 87.7%**
- % de Limos → 18.1%
- % de arcillas → 69.5%

La siguiente figura, permite conocer la curva hidrométrica de la muestra en estudio.

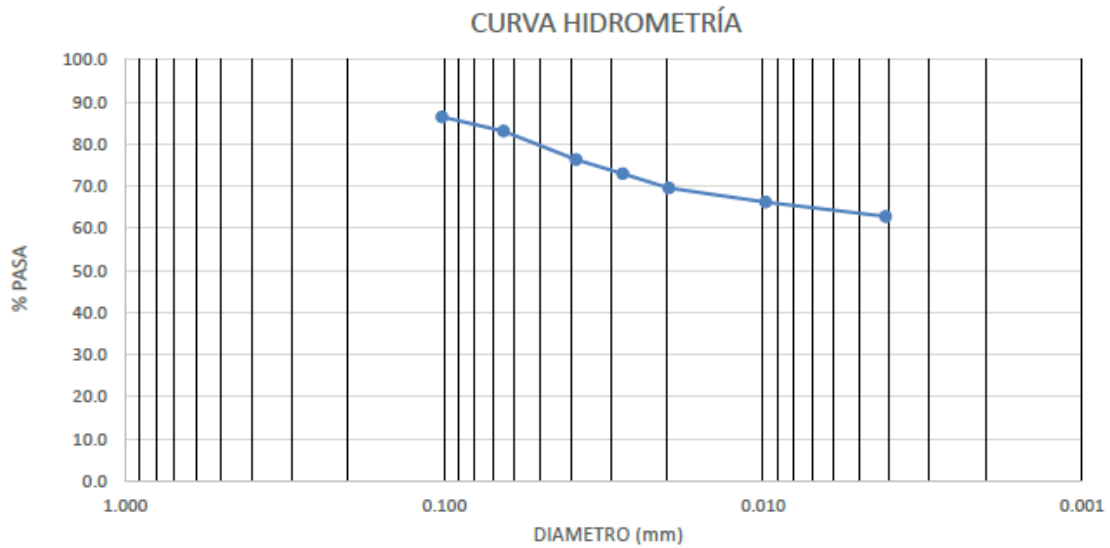


Figura 69. % Curva Hidrometría AP-2(CUBO)
Fuente: Bateman Ingeniería S.A.S. (2023)

A continuación, es posible observar la tabla resumen de resultados de los ensayos realizados para el nodo de estudio:



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



CLASIFICACION				COMPRESION INCONFINADA	γ húmedo (kN/m ³)	γ seco (kN/m ³)	PESO UNITARIO (kN/m ³)	GRAVEDAD ESPECÍFICA G _s	CARGA PUNTUAL (MPa)	ROCA INTACTA A COMPRESION UNIAxIAL	CORTE DIRECTO (CD)		CONSOLIDACIÓN DEL SUELO
Indice de grupo	AASHTO	F o W	USC	COMPRESION INCONFINADA q _u (kPa)						(MPa)	(MPa)	Cohesión (kPa)	ϕ (°)
(D)							19.574						
								2.790					182
(D)													
(B)							19.447						
								2.457					
									10.61				
									2.76				
					17.750	13.990		2.688			16.67	34	
							19.721						
(D)								2.56					
										23.27			
								2.452					
					37								

Figura 70. Tabla resumen de resultados

12.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DETALLADO DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS:

12.5.1 ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN:

Para realizar el análisis estadístico, se toma el ángulo de fricción, la cohesión y el peso unitario como parámetros geotécnicos requeridos en el estudio. Inicialmente, es importante tener en cuenta la estimación de los parámetros de resistencia a partir del ensayo SPT, con la metodología propuesta por González, A. J. (1999), donde se estimaron los parámetros c' y con la metodología de (Montenegro Padilla, 2014) de manera aproximada por tipo de material. Es importante tener en cuenta que, para este análisis, es necesario tener en cuenta los parámetros obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio. En la siguiente tabla, es posible observar el valor de los parámetros para cada uno de los sondeos.

Tabla 37. Parámetros estimados para cada sondeo

Profundidad media	ϕ	c'
Sondeo 1		
0.8	28.0	25.0
2.8	25.2	18.8
5.3	28.0	25.0
6.2	28.0	25.0
6.9	34.4	50.0
Sondeo 2		
0.7	57.1	200.0
1.7	75.9	200.0
5.1	65.4	200.0
Sondeo 3		
0.8	38.7	92.0
2.2	41.6	138.0
4.0	42.4	131.0
5.8	43.7	131.0
Sondeo 4		
0.6	26.2	18.8

En la siguiente tabla, es posible observar el valor de los parámetros obtenido a partir del ensayo de corte directo:

Tabla 38. Parámetros estimados a partir del ensayo de laboratorio

Profundidad media	ϕ (°)	c' (kPa)
S3 (M4)		
3.55	34	16.67

Teniendo en cuenta los valores de los parámetros estimados en cada sondeo a partir del ensayo SPT, se determina:

12.5.2 ROCA BLANDA LODOLITA (Rbl):

12.5.3 Angulo de fricción (ϕ):

Teniendo en cuenta la descripción de la UGI Roca Blanda Lodolita (Rbl), se toma en cuenta el ensayo de Roca Intacta A Compresión Uniaxial realizado a la roca extraída del sondeo 4, el cual da como resultado 23.27 Mpa, por lo cual para este parámetro se toma un valor de ángulo de fricción de 45.

12.5.4 Cohesión (c'):

Teniendo en cuenta la descripción de la UGI Roca Blanda Lodolita (Rbl), se toma en cuenta el ensayo de Roca Intacta A Compresión Uniaxial realizado a la roca extraída del sondeo 4, el cual da como resultado 23.27 Mpa, por lo cual para este parámetro se toma un valor de cohesión de 200 kPa.

Considerando el valor determinado por el laboratorio se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 39. Análisis estadístico de parámetros

ϕ (°)	C' (kPa)
45	200

12.5.5 PESO UNITARIO:

Teniendo en cuenta los pesos unitarios para los sondeos 1 y 4, se obtiene:

Tabla 40. Análisis estadístico (Peso Unitario)

<i>Peso Unitario (kN/m³)</i>	
Media	19.5105
Error típico	0.0635
Mediana	19.5105
Moda	#N/D
Desviación estándar	0.08980256
Varianza de la muestra	0.0080645
Curtosis	#¡DIV/0!
Coefficiente de asimetría	#¡DIV/0!
Rango	0.127
Mínimo	19.447
Máximo	19.574
Suma	39.021

Teniendo en cuenta los resultados de los pesos unitarios obtenidos en el laboratorio, se tiene como media un valor de 19.5 kN/m³, el cual para el análisis a realizar tomara un porcentaje de importancia del 100%, Como desviación estándar, la cual mide la dispersión de la distribución, se tiene un valor de 0.09.

Realizando el análisis, y aplicando los coeficientes de importancia descritos anteriormente, se estiman los siguientes parámetros para el estudio:

Tabla 41. Parámetros Geotécnicos (Rbl)

ϕ (°)	C' (kPa)	γ (kN/m ³)
45	200	19.5

12.5.6 SUELO TRANSPORTADO COLUVIÓN (Stc):

12.5.6.1 Sondeo 2:

12.5.6.1.1 Muestra 1:

Profundidad media	ϕ (°)	c' (kPa)
0.7	57.1	200.0

Para esta muestra se obtiene un valor de $N_{70} = 42$, donde para la profundidad media de 0.7 m, se encuentra un limo arcilloso, el cual presenta teóricamente un valor de 57.1° como ángulo de fricción y una cohesión de 200 kPa, donde para el análisis estadístico no se tiene en cuenta estos valores, considerando que la consistencia es dura.

12.5.6.1.2 Profundidad 1.7 m:

Profundidad media	ϕ (°)	c' (kPa)
1.7	75.9	200.0

Para esta muestra se obtiene un valor de $N_{70} = 112$, donde para la profundidad media de 1.7 m, se presenta rechazo, para el material arcilla limo arenosa de grano fino, gravas finas y medias, se presenta teóricamente un valor de 75.9° como ángulo de fricción y una cohesión de 200 kPa, donde para el análisis estadístico no se tiene en cuenta estos valores, considerando que la consistencia es dura y posteriormente ya se encuentra material grueso, por lo cual a una profundidad de 2 m se usa una barra NQ.

12.5.6.1.3 Muestra 6:

Profundidad media	ϕ (°)	c' (kPa)
5.1	65.4	200.0

Para esta muestra se obtiene un valor de $N_{70} = 75$, donde para la profundidad media de 5.1 m, se presenta rechazo para la lutita encontrada a esta profundidad, teóricamente se presenta

un valor de 65.4° como ángulo de fricción y una cohesión de 200 kPa, donde para el análisis estadístico no se tiene en cuenta estos valores, considerando que ya se encuentra roca en este punto.

12.5.6.2 Sondeo 3:

12.5.6.2.1 Muestra 1:

Profundidad media	ϕ ($^\circ$)	c' (kPa)
0.8	38.7	92.0

Para esta muestra se obtiene un valor de $N_{70} = 15$, donde para la profundidad media de 0.8 m, se encuentra una arcilla limosa, la cual presenta teóricamente un valor de 38.7° como ángulo de fricción y una cohesión de 92 kPa, donde para el análisis estadístico no se tiene en cuenta estos valores, considerando que ya hay presencia de material grueso.

12.5.6.2.2 Muestra 3:

Profundidad media	ϕ ($^\circ$)	c' (kPa)
2.2	41.6	138.0

Para esta muestra se obtiene un valor de $N_{70} = 22$, donde para la profundidad media de 2.2 m, se encuentra una arcilla limosa plástica, la cual presenta teóricamente un valor de 41.6° como ángulo de fricción y una cohesión de 138.0 kPa, donde para el análisis estadístico no se tiene en cuenta estos valores, considerando que ya presenta una consistencia alta con presencia de material grueso.

12.5.6.2.3 Muestra 5:

Profundidad media	ϕ ($^\circ$)	c' (kPa)

4.0	42.4	131.0
-----	------	-------

Para esta muestra se obtiene un valor de $N_{70} = 21$, donde para la profundidad media de 4.0 m, se encuentra el material descrito en la muestra anterior, el cual presenta teóricamente un valor de 42.4° como ángulo de fricción y una cohesión de 131 kPa, donde para el análisis estadístico no se tiene en cuenta estos valores, considerando que ya presenta una consistencia alta con presencia de material grueso.

12.5.6.2.4 Muestra 7:

Profundidad media	ϕ ($^\circ$)	c' (kPa)
5.8	43.7	131.0

Para esta muestra se obtiene un valor de $N_{70} = 21$, donde para la profundidad media de 6.20 m, se encuentra un material limo arcilloso, el cual presenta teóricamente un valor de 43.7° como ángulo de fricción y una cohesión de 131 kPa, donde para el análisis estadístico no se tiene en cuenta estos valores, considerando que ya presenta una consistencia alta con presencia de material grueso.

Considerando los valores estimados a partir del análisis presentado anteriormente, y conociendo las características del material presentado en esta unidad, se toma un porcentaje de importancia del 100% para el valor de cohesión y ángulo de fricción obtenidos en el ensayo de laboratorio, considerando que el ensayo se realizó sobre una muestra extraída del sondeo 3, el cual se encuentra ubicado sobre el coluvión, tal como se puede observar en el plano UGI.

Tabla 42. Parámetros S3 (M4)

Porcentaje (%)	ϕ	c'
100%	34.0	16.7



12.5.7 PESO UNITARIO:

Para el peso unitario, se toma el valor obtenido en S3 (M5), considerando que este ensayo se realizó sobre una muestra del sondeo 3. Obteniendo así los siguientes parámetros para esta unidad:

Tabla 43. Parámetros Geotécnicos (Stc)

ϕ (°)	C' (kPa)	γ (kN/m ³)
34.0	16.7	19.7

12.6 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Con base en el análisis geológico se logra determinar la presencia de dos UGI, correspondientes al suelo transportado coluvión y a la roca blanda lodolita. Con base en los resultados de laboratorio se les asignan parámetros geotécnicos, características geomecánicas de resistencia y densidad, las unidades son:

12.6.1 Suelo transportado coluvión (Stc)

Unidad generada por la presencia de procesos de remoción en masa antiguos que han generado el movimiento, transporte y acumulación de materiales sobre las laderas contiguas al poblado; los procesos de remoción en masa corresponden a movimientos en masa generados por el retiro de la cubierta vegetal arbustivo, la conformación de potreros para ganadería, las pendientes fuertes, la pluviosidad alta y los materiales arcillosos sin consolidar.

Esta unidad se reconoció mediante los sondeos exploratorios y los apiques realizados, en los registros exploratorios su espesor alcanza más de 5 m en el sondeo exploratorio S2 y más de 6 m en el sondeo exploratorio S3; la unidad está integrada por limos arcillosos y arenosos con presencia de fragmentos de lutita y arenisca arcillosa, en el depósito se observa predominio de una matriz fina sobre la armazón.

El proceso que generó el suelo transportado coluvión, presentado en el plano UGI, se generó fuera del polígono de estudio, por lo cual no se realiza levantamiento de este proceso.

12.6.2 Roca Blanda lodolita (Rbl)

Conformada por una secuencia de lodolitas carbonosas de color gris oscuro a negro estratificadas en capas de espesor medio a grueso con intercalaciones de areniscas de grano fino estratificadas en capas de espesor medio. En el polígono estudiado aflora, sobre los cortes realizados para la construcción de la vía de acceso, presenta un rumbo N12 E y buza 38 NW.

Morfológicamente conforma laderas de forma redondeada, localmente irregular principalmente de naturaleza estructural, corresponde a rocas de resistencia blanda y moderadamente fracturadas.

En la siguiente figura se muestran las Unidades de Geología para Ingeniería del polígono.

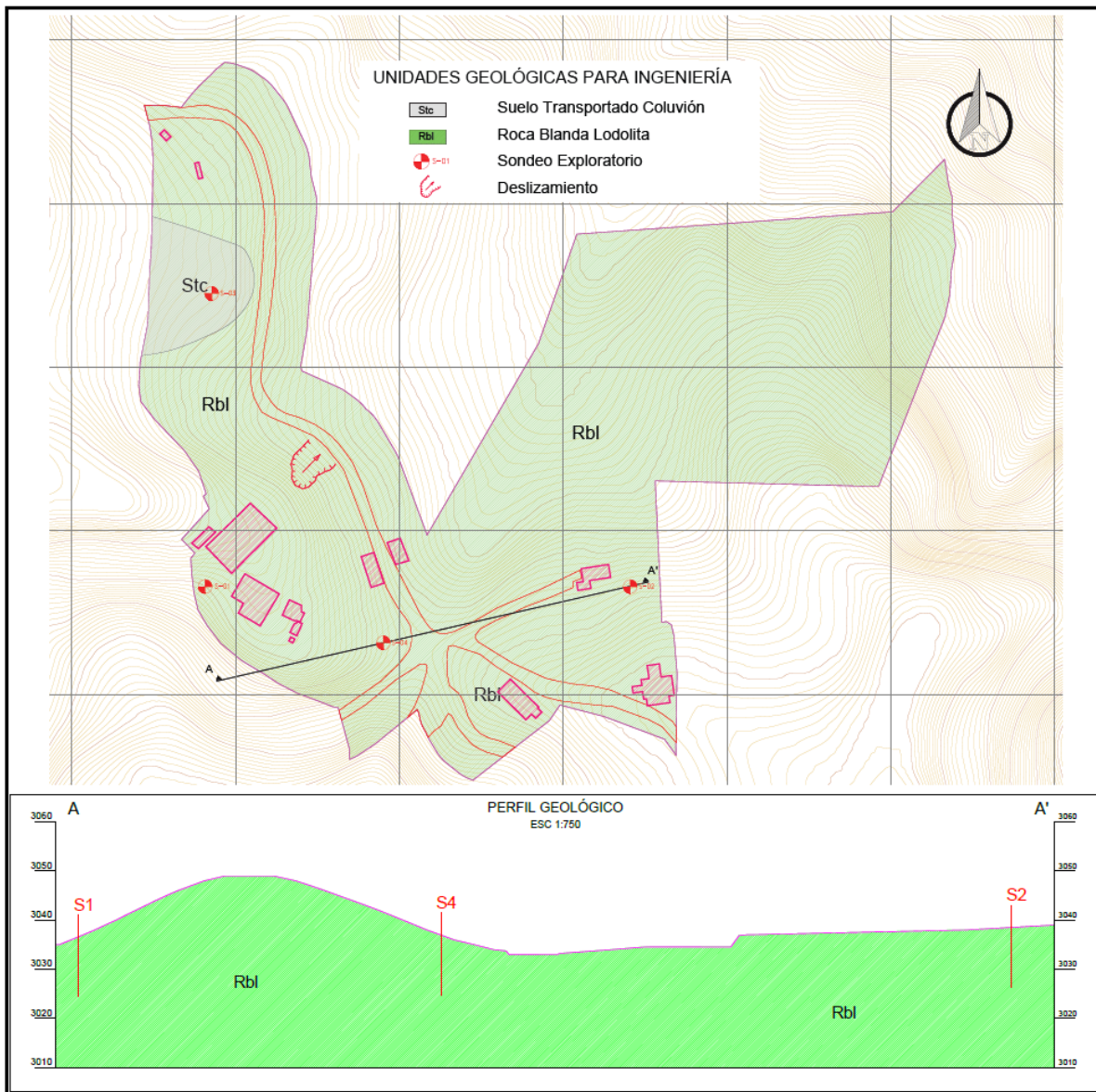


Figura 71. Unidades geol6gicas para ingeniera polgono Raizal. Escala 1:5.000.

Tabla 44 Caracteristicas zonas geot6cnicas

Suelo transportado coluvi6n (Stc) Entre 5 – 8.0 m.

Humedad: 16 - 69 %

Peso Unitario: 19.7 kN/m³

Ángulo de fricción ⁶	34.0°
Gravedad específica	2.56 - 2.790
Cohesión	16.7 kPa

Material 2: Roca Blanda lodolita.

Roca Blanda Lodolita.

Peso Unitario:	19.5 kN/m ³
Ángulo de fricción	45°
Compresión Uniaxial ⁷	23.27 MPa

Tabla 45 – Resumen de parámetros de resistencia obtenidos a partir de correlación con N de SPT

Material	γ (kN/m ³)	c' (kN/m ²)	ϕ' (°)
Stc	19.7	16.7	34.0
Rbl	19.5	200	45

Fuente Geodinámica (2023).

⁶ Carmona-Álvarez, J. E., & Ruge-Cárdenas, J. C. (2015). Análisis de las correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos del piedemonte oriental de Bogotá usando ensayos in situ. *Tecnológicas*, 18(35), 93-104.

⁷ Bowles, J. E. (1988). *Foundation analysis and design*.

12.7 NIVEL FREÁTICO

12.7.1 NIVEL FREÁTICO REPORTADO EN CAMPO

A manera de resumen se muestran las profundidades del nivel freático obtenido en los sondeos realizados para este sitio

Tabla 46. Tabla resumen de nivel freático

Sondeo	Nivel Freático (m)
S-2	1.95
S-4	3.5

12.7.2 ANÁLISIS DEL NIVEL FREÁTICO:

Definidas las unidades geotécnicas para los análisis básicos, es necesario evaluar la inestabilidad resultante de la acción hídrica relacionada con la fluctuación del nivel freático.

Para estimar la variabilidad del nivel freático a partir de la variabilidad de la magnitud de la infiltración, se requiere realizar una clasificación de las unidades geotécnicas según los tipos A, B, C o D. En la siguiente figura, se definen los cuatro grupos de suelos:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Figura 72. Clasificación de los suelos
Fuente: (Chow V.T., 1994)

Para el presente estudio el tipo de suelo y uso de la tierra, se catalogó en el grupo de suelos C, los valores de CN utilizados para el grupo de suelos C se presentan en la siguiente tabla.

USO DE SUELO	GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada				
Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales				
Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos	30	58	71	78
Bosques				
Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
Óptimas condiciones: cubierta en pasto (75 % o más)	39	61	74	80
Condiciones aceptables: cubierta en pasto (50 al 75 %)	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85 % impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72 % impermeables)	81	88	91	93
Residencial				
Tamaño promedio lote porcentaje promedio impermeable				
1/8 de acre 65	77	85	90	92
1/4 de acre 38	61	75	83	87
1/3 de acre 30	57	72	81	86
1/2 de acre 25	54	70	80	85
1 de acre 20	51	68	79	84
Parqueadero pavimentado, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Figura 73. Valores de numero de curva para diferentes grupos hidrológicos y uso del suelo
Fuente: (Chow V.T., 1994)

Se define un numero adimensional de curva CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua CN=100, para superficies naturales $CN \leq 100$.

Una vez realizada la clasificación hidrológica del suelo, se procedió a calcular la retención potencial máxima (S) la cual se determinó con la siguiente formula:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde:

CN = Numero de curvas seleccionadas para condiciones de humedad II

Con los registros de precipitación diaria (P) suministrados por la estación más cercana al polígono de estudio se procede a calcular la precipitación infiltrada en 24 horas (P_i), haciendo uso de la ecuación de lluvia- escorrentía del SCS, la cual se presenta a continuación:

$$P_i = P - P_e$$

Donde P_e se calculó de la siguiente forma:

$$P_e = \frac{(P \cdot 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

$$P = \text{Precipitación diaria}$$

Con los datos de precipitación infiltrada en 24 horas, se procedió a calcular el valor de precipitación de infiltración total, haciendo uso de los valores diarios de precipitación infiltrada para cada año del registro y calculando la precipitación infiltrada media anual haciendo uso de la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Posteriormente se procede a calcular la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación (CV) de los datos de precipitación infiltrada media anual haciendo uso de las siguientes formulas:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$$

Se calculo la profundidad media del nivel freático en milímetros reportados en las exploraciones de campo:

$$\bar{p}_f = \frac{p_{f_1} + p_{f_2} + \dots + x_n}{n}$$

Por último, se consideró una intensidad de la lluvia infiltrada diaria (I_{20}) para un periodo de retorno de 20 años. Este análisis se hace suponiendo una variación a largo plazo del nivel freático. La profundidad del nivel freático para dicho periodo se estimó haciendo uso de la siguiente formula:

$$P_{f20} = (\bar{P}_f - 1.65CVP_f) - (I_{i20} * 24)$$

Considerando que sobre este polígono se presentan 8 tipos de usos diferentes, estos usos fueron agrupados en 5 grupos hidrológicos del suelo, donde se toman así:

- **Cubierta de pasto (50% al 75%)** → Pastos Limpios.
- **Cubierta de pasto (75% o más)** → % Pastos Arbolados + % Pastos Enmalezados + % Vegetación secundaria.
- **Cultivos sin tratamiento de conservación** → % Otros cultivos permanentes + % Papa.
- **Calles y carreteras** → % Red vial
- **Áreas abiertas** → % Parques cementerios.
- **Residencial** → % Área culturales + % Tejido urbano discontinuo

En el grupo hidrológico del suelo denominado residencial, se encuentran las áreas culturales y el tejido urbano discontinuo con un valor de CN de 79.00 considerando las descripciones dadas en la figura anterior

Teniendo en cuenta la metodología mencionada para el proyecto y haciendo uso de las ecuaciones anteriormente descritas se obtienen los siguientes resultados

Tabla 47. Resultado de nivel freático asociado a una lluvia de 20 años

RESULTADOS OBTENIDOS					
UGI	GRUPO HIDROLOGICO DEL SUELO	CN	Pf20 (m)	h (m)	hw (m)
Rbl	Cubierta de pasto (50% al 75%)	79.00	3.49	8.00	4.51
	Cubierta de pasto (75% o más)	74.00	1.94	8.00	6.06
	Cultivos sin tratamiento de conservación	88.00	1.94	5.00	3.06
	Calles y carreteras	89.00	3.49	5.00	1.51
	Áreas abiertas	79.00	3.49	8.00	4.51
	Residencial	79.00	3.49	5.00	1.51

12.8 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

12.8.1 TALUD INFINITO

El método de talud infinito es un método para determinar el factor de seguridad de un talud, suponiendo que el talud se extiende de forma infinita en todas las direcciones y que el deslizamiento ocurre a lo largo del plano paralelo a la cara del talud. Este método cumple con condiciones para el equilibrio de fuerzas y equilibrio de momentos a pesar de que no se consideran explícitamente, debido a que las fuerzas son colineales y las fuerzas normales actúan en el centro del talud (Duncan J.M., 2005)

Para un talud uniforme y relativamente largo en el cual el mecanismo de falla esperado no es muy profundo, los efectos de borde son despreciables y el factor de seguridad puede calcularse a partir de una unidad de área con base en el criterio de Mohr- Coulomb.

Para realizar el análisis del método de talud infinito, se requieren conocer los siguientes parámetros:

- Altura de la masa deslizante z
- Altura del agua subterránea medida durante el movimiento h
- Angulo de inclinación de la horizontal β
- Peso específico del suelo γ
- Presión de poros μ
- Cohesión c
- Tensión vertical efectiva sobre el plano de deslizamiento σ
- Resistencia al corte sobre el plano de deslizamiento σ_n
- Resistencia al esfuerzo cortante τ_f
- Angulo de rozamiento del terreno ϕ

Para determinar la tensión vertical efectiva sobre el plano de deslizamiento se utilizó la siguiente expresión.

$$\sigma = \frac{\text{Peso efectivo del prisma por (und) de profundidad}}{\text{Superficie de actuación}}$$

$$\sigma = z * \cos\beta[\gamma - \gamma_w (1 - \varepsilon)]$$

Obtenida la tensión vertical efectiva sobre el plano de deslizamiento, se procede a calcular la resistencia al corte sobre el plano de deslizamiento:

$$\sigma_n = z * \cos\beta^2 [\gamma - \gamma_w (1 - \varepsilon)]$$

y la resistencia al esfuerzo cortante calculada por la fórmula propuesta por Coulomb.

$$\tau_f = c + z * \cos\beta^2 [\gamma - \gamma_w (1 - \varepsilon)] * \tan\phi$$

La fuerza perturbadora que induce la tensión de corte sobre el plano de deslizamiento, es la componente del peso total del prisma actuando sobre el plano de deslizamiento, esta se determinó por medio de la siguiente expresión:

$$Tensión\ perturbadora = \frac{\gamma z}{2} * \text{sen}2\beta$$

El factor de seguridad varia con la posición del nivel freático de acuerdo con la relación r_u que se denomina coeficiente de presión de poros y que relaciona la presión de poros con la altura del suelo, para determinar esta relación se utilizo la siguiente formula

$$r_u = \frac{\mu}{Z}$$

Como se menciona anteriormente el factor de seguridad varia con la posición del nivel freático, por lo que esto se debe tener en cuenta a la hora de ser determinado. Para el presente estudio el factor de seguridad se determina por medio de la siguiente expresión:

$$F = \frac{c + (z * \cos\beta^2 * \gamma - \mu) * \tan\phi}{\frac{\gamma z}{2} * \text{sen}2\beta}$$

12.8.1.1 Angulo de inclinación de la horizontal β

El valor del Angulo beta para el polígono de estudio es de $\beta = 22^\circ$

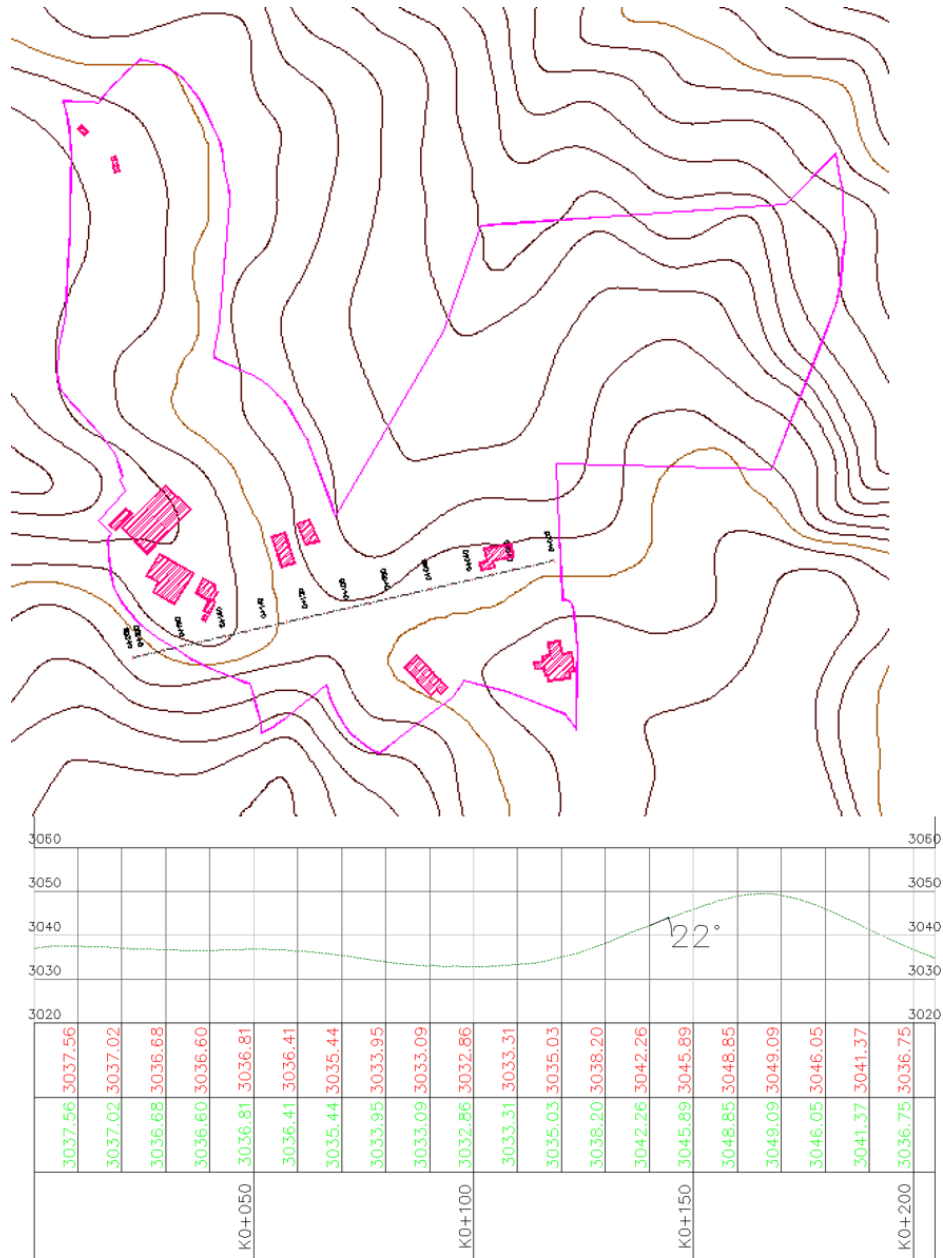


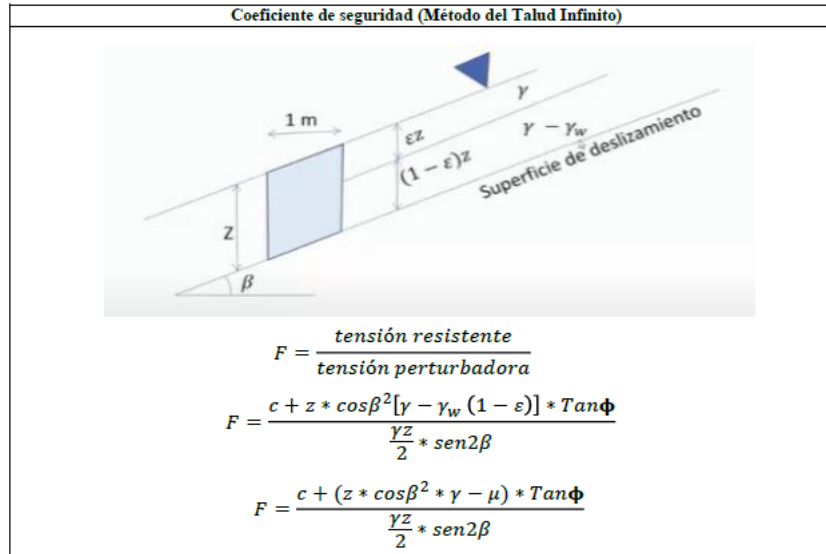


Figura 74. Planta y perfil Angulo β

GEODINAMICA INGENIERIA 	METODO DEL TALUD INFINITO RAIZAL	 Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático
No. DEL PROYECTO:	188 Zonificación Sumapaz	



DATOS ENTRADA		
c	19	kN/m ²
z	6.5	m
z _w	1.8	m
γ	19.6	kN/m ³
γ _w	9.81	kN/m ³
β	22	°
Φ	31.3	°

DATOS SALIDA		
β	0.3839724	Rad
Φ	0.5462881	Rad
μ	17.658	kN/m ²
F_s	1.692	

RESULTADO	
F_s	1.692
¿ALTA?	NO
¿MEDIA?	NO
¿BAJA?	SI

Figura 75. Método del Talud Infinito

12.9 EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA:

Tomando como base la Guía Metodológica del Servicio Geológico Colombiano, a partir del cual se establece que los estudios realizados para escalas 1:5000, se desarrollaron por medio de análisis determinísticos e información secundaria existente (cartografía) la generación de los mapas temáticos relacionados a geología, geomorfología, coberturas y uso del suelo.

Así mismo, se tomó en cuenta los factores condicionantes tales como la UGI, elementos geomorfológicos, la exploración básica del subsuelo, información secundaria relacionada a eventos ocurridos con movimientos en masa en las áreas de estudio y coberturas y usos del suelo.

A continuación, se detalla lo realizado a lo largo del presente informe, donde es posible destacar:

- A. **(UGI)**, Información geológica con la distribución, propiedades físicas y mecánicas de las rocas, suelos, nivel freático, características del relieve, dicha información permitió diferenciar materiales aflorantes, definir el espesor de suelo, las características estructurales y caracterizar los materiales de acuerdo las propiedades mecánicas. Esta información se desarrolla a lo largo del Capítulo 6 del presente informe.
- B. En el caso de la **geomorfología**, Se identifican y caracterizan las geoformas, a partir de información relacionada con morfogénesis, morfología, morfometría y morfodinámica. Se realizó el registro de las condiciones actuales del lugar a través del levantamiento en campo y con fotografías que evidencian el estado de las mismas, así como el uso de sensores remotos que permitan complementar esta información, la cual irá como complemento de la geomorfología. Esta información se desarrolla a lo largo del Capítulo 7 del presente informe.
- C. Se determina la presencia de **procesos morfodinámicos** dentro del polígono. Esta información se desarrolla a lo largo del Capítulo 8 del presente informe.
- D. Se delimitan las zonas homogéneas de análisis estableciendo para cada una de ellas su UGI, así como la influencia que tiene en cada una de estas los factores detonantes, como lo es el **factor sismo**, se debe determinar el factor k (coeficiente de aceleración para un periodo de retorno de 100 años) el cual se toma a partir de un estudio realizado

por el IDIGER para la localidad de Sumapaz. Esta información se desarrolla a lo largo del Capítulo 9 del presente informe.

- E. **Usos y coberturas de suelo** se desarrolla conforme a la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por parte del IDEAM; allí se basa en la determinación del número de curva (CN) con el cual se busca encontrar valores de nivel freático y láminas de agua, si se tiene en cuenta la lluvia como un factor importante causante de los movimientos en masa; los factores a evaluar principalmente son de tipo antrópico donde se evidencien cambios en el uso del suelo, cortes de ladera y explanaciones. Esta información se desarrolla a lo largo del Capítulo 10 del presente informe.
- F. Se delimitan las zonas homogéneas de análisis estableciendo para cada una de ellas su UGI, así como la influencia que tiene en cada una de estas los factores detonantes, como lo es **lluvias** el factor detonante lluvia se analiza la lluvia para un periodo de retorno de 20 años. Esta información se desarrolla a lo largo del Capítulo 11 e ítem 12.6.3. del presente informe.
- G. Con la exploración básica del subsuelo, se realiza la caracterización de las unidades del modelo geológico-geotécnico para el polígono de estudio, se ejecutan los y sondeos proyectados inicialmente. Estas muestras deberán tener sus respectivos ensayos de laboratorio, según sea el caso. Esta información se desarrolla a lo largo del Capítulo 12 del presente informe. Con la clasificación aplicada en la zona de estudio, se define una malla con herramientas SIG donde se establezcan los valores de estratificación, profundidad y nivel de agua para las columnas de suelo y/o roca. Cada unidad geotécnica homogénea definida tendrá su respectivo modelo geológico-geotécnico a partir de la información geológica y geomorfológica, donde se definen:
- Pendiente del terreno
 - Espesor del suelo y su variación
 - Lito estratigrafía hasta el sustrato rocoso
 - Posición del nivel freático

Una vez realizado lo mencionado anteriormente, se procede a establecer el modelo geológico-geotécnico, donde se identifican las unidades geotécnicamente homogéneas y con esto, plantear para cada caso el modelo conceptual, mediante el cual se establecen las características geológicas y geomorfológicas, así como los parámetros geotécnicos para cálculo de estabilidad en la zona de estudio de manera determinística. Posteriormente se define si la unidad de análisis es una unidad de suelo o roca, en el caso de los suelos se aplicará la ecuación de talud infinito, mostrada en el ítem 12.7 del presente documento, la cual se puede aplicar empleando la función Raster Calculator del aplicativo ArcMap, para lo

cual se deben rasterizar previamente la totalidad de variables que se encuentran dentro de la ecuación.

12.9.1 EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

Teniendo en cuenta la información desarrollada a lo largo del presente estudio, se procede a realizar la clasificación de amenaza, la cual se define a partir del factor de seguridad en el caso de los suelos, de esa forma se establecen tres niveles de amenaza ante deslizamiento, los cuales son alto, medio y bajo. En caso de requerir la metodología a aplicar en las unidades de roca Para las unidades de roca se empleara la metodología correspondiente al SMR.

Para la clasificación del nivel de amenaza para el área de estudio, se considera el factor de seguridad y los criterios de clasificación de la siguiente tabla de la guía del SGC, se tiene la representación del nivel de amenaza en la zona de estudio, donde se incluye la respectiva leyenda y/o convención con las características físicas de cada unidad según la categoría establecida, los procesos predominantes y los daños que pudieran ocasionar.

NIVEL DE AMENAZA	FACTOR DE SEGURIDAD	VALOR DE SMR	COLOR EN EL MAPA
Alta	<1,1	<40	Rojo
Media	1,1-1,5	41-60	Amarillo
Baja	>1,5	>60	Verde

Figura 76. Clasificación de la amenaza de un talud ante deslizamiento
 Fuente: (Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2016)

A continuación, es posible conocer a detalle las descripciones de la amenaza por remoción en masa de la zona de estudio.

12.9.1.1 Nivel de amenaza alto:

Este nivel de amenaza, se presenta cuando el rango del factor de seguridad (FS) es menor o igual a 1.1. Estas zonas se caracterizan por:

- Presentar en los deslizamientos rotacionales grandes superficies de falla.
- Presentar en los suelos residuales o materiales de deslizamientos, un nivel freático en promedio a 15 m de profundidad.

La amenaza alta también está dada para las zonas más empinadas del nodo, las cuales presentan inclinación mayor a los 25 grados. Las zonas de deslizamientos activos se distinguen por la falla de los taludes en un evento de sismo y lluvia fuerte.

12.9.1.2 Nivel de amenaza medio:

Este nivel de amenaza, se presenta cuando el rango del factor de seguridad (FS) está entre 1.1 y 1.5. Estas zonas se caracterizan por:

- Son suelos finos granulares sueltos, como lo son areniscas y arcillas, en gran medida no son residuales, depósitos fluvio-glaciares o deslizamientos antiguos.
- Presentar nivel freático cercano a los 10 m de profundidad.

La amenaza media presenta unas pendientes entre 12 y 25 grados, estas zonas deben ser manejadas con precaución, ya que a largo plazo se pueden convertir en amenaza alta.

12.9.1.3 Nivel de amenaza bajo:

Este nivel de amenaza, se presenta cuando el rango del factor de seguridad (FS) es mayor a 1.5. Estas zonas se caracterizan por:

- Presentarse en la parte alta del deslizamiento, con presencia de arcillolitas y areniscas con alta cohesión.

La amenaza baja presenta unas pendientes menores a los 12 grados, estas zonas no presentan problemas en un evento de sismo o lluvias fuertes.

La evaluación y zonificación de amenaza, se realizará en dos condiciones, en la cual es posible destacar la condición actual y condición futura, con lo cual se destaca:

12.9.2 CONDICIÓN ACTUAL:

Para la evaluación de las condiciones actuales se tiene en cuenta la metodología de talud infinito, la cual se describe a lo largo del ítem 12.7, en la cual se emplea la siguiente ecuación:

$$F = \frac{c + (z * \cos\beta^2 * \gamma - \mu) * \tan\phi}{\frac{\gamma z}{2} * \sin 2\beta}$$

- ✓ Altura de la masa deslizante → z
- ✓ Angulo de inclinación de la horizontal → β
- ✓ Peso específico del suelo → γ
- ✓ Presión de poros → μ
- ✓ Cohesión → c
- ✓ Angulo de rozamiento del terreno → φ
- ✓ Presión de poros → μ

12.9.3 CONDICIÓN FUTURA:

Para la evaluación de las condiciones futuras se tiene en cuenta la metodología de talud infinito, descrita en la guía metodología del servicio geológico colombiano la cual permite hacer uso de los factores detonantes como lo son:

- Las lluvias mediante la altura de la lámina de agua, determinada a partir del nivel freático correspondiente una lluvia de 20 años de periodo de retorno.
- Los sismos mediante el coeficiente de aceleración horizontal para un periodo de retorno de 100 años.

Haciendo uso de estos factores en la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{(c' b \sec \alpha + (\gamma b h \cos \alpha - k \gamma b h \sin \alpha - \gamma_w h_w \cos^2 \alpha) \tan \Phi')}{\gamma b h \sin \alpha + k \gamma b h \cos \alpha}$$

Donde:

c' y Φ' → Son los parámetros de resistencia del suelo en la base de la columna de suelo, en término de esfuerzos efectivos.

γ → Es el peso unitario del suelo.

b → Es el ancho de la tajada (ancho de la celda).

h → Es la altura de suelo por encima de la superficie potencial de deslizamiento.

γ_w → Es el peso unitario del agua.

h_w → Es la altura de la lámina de agua, determinada a partir del nivel freático correspondiente a una lluvia de 20 años de periodo de retorno.

α → Es el ángulo de inclinación de la superficie de falla.

k → Es el coeficiente de aceleración horizontal para un periodo de retorno de 100 años.

Los parámetros c' y $\tan(\phi')$ se toman mediante el análisis estadístico realizado, para la unidad geotécnica definida. La profundidad de la superficie de falla se toma como la profundidad del suelo o la profundidad hasta el contacto entre dos unidades de diferente comportamiento mecánico.

12.10 ANÁLISIS DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA:

Inicialmente como unidades geológicas para ingeniería en el nodo de estudio, se encontró material clasificado como suelo transportado coluvión y roca blanda lodolita denominada así ya que por medio de la exploración geotécnica se llegó hasta el punto que permitiera caracterizar a que roca se asocia. Se define un espesor para el suelo transportado entre 5 y 8 metros.

En el caso de la geomorfología, Se identifican y caracterizan elementos geomorfológicos de origen glaciar, donde se determina a partir de un análisis de pendientes que sobre la zona se presentan Laderas Onduladas Glaciares Inclinadas, moderadamente abruptas y abruptas.

Dentro del nodo de estudio se evidencio un proceso morfodinámico, se trata de una en masa que corresponde a un deslizamiento rotacional que está afectando una ladera cercana a donde se emplaza el polideportivo que hace parte del colegio, a dicho proceso se le realizo un inventario, teniendo en cuenta el formato del Servicio Geológico Colombiano (2016). El proceso que genero el suelo transportado coluvión de la zona occidental, se originó fuera del polígono de estudio, por lo cual no se realiza el levantamiento de este proceso.

Mediante la información del estudio de la Universidad Nacional “Elaboración Del Mapa De Remoción En Masa Del Suelo Rural De Bogotá D.C., Para Su Incorporación Al Plan De Ordenamiento Territorial POT, A Escala 1:25000” del año 2013, suministrado por el IDIGER, El coeficiente de aceleración es de $A_0 = 0.31$ para una tasa de retorno (TR) de 475 años.

Mediante la metodología Corinne Land Cover, las coberturas del nodo de estudio se clasifican en tejido urbano discontinuo, red vial, parques cementerios, áreas culturales, pastos, cultivos y vegetación secundaria. y en el uso actual se encontró usos agrícolas, conservación, infraestructura y pecuario.

El factor detonante lluvia se analiza para un periodo de retorno de 20 años, donde se analiza la información pluviométrica de la estación PM Nazareth, y allí se determina el valor de Pf_{20} y hw para la UGI cartografiada.

Al realizar el análisis estadístico detallado de los parámetros geotécnicos, se identifican los valores de la UGI cartografiable y el especialista a partir de los ensayos realizados en roca, determina los valores para dicha unidad. Teniendo en cuenta los parámetros geotécnicos se aplica la ecuación de talud infinito la cual se puede aplicar empleando la función Raster Calculator del aplicativo ArcMap, donde se obtiene como resultado, el análisis de zonificación de amenaza actual y futura, anexado en la carpeta PLANOS RAIZAL denominados Amenaza-Actual y Amenaza-Futura

12.10.1 AMENAZA ACTUAL:

12.10.1.1 **Nivel de amenaza alto:**

Corresponde al 3.76% del área total de estudio, corresponde a zonas con susceptibilidad alta a baja en los movimientos en masa debido a las características geológicas, geomorfológicas, de composición de suelo y de las coberturas encontradas dentro del nodo. Para este sector las lluvias diarias presentan un promedio de 39.45 mm desde el año 1984 al 2021 y la precipitación media anual presenta un valor promedio de 1143.6 mm, el coeficiente de aceleración máximo horizontal es de 0.31 siendo este uno de los detonantes principales para este nivel de amenaza. Teniendo en cuenta las geoformas presentadas en esta categoría la posibilidad de que ocurra un movimiento en masa es máxima, ya que las pendientes son altas, dentro del polígono se observa un deslizamiento rotacional que puede afectar la vía. En general las consecuencias que puede traer este nivel de amenaza son severas, ya que pueden generar pérdidas humanas, de viviendas y cultivos.

12.10.1.2 **Nivel de amenaza medio:**

Corresponde al 96.25 % del área total de estudio, corresponde a zonas con susceptibilidad media a baja en los movimientos en masa debido a las características geológicas, geomorfológicas, de composición de suelo y de las coberturas encontradas dentro del nodo. Las geoformas presentadas en esta zona son principalmente inclinadas y moderadamente abruptas, para este nivel existe una posibilidad en que se generen movimientos en masa como deslizamientos, reptaciones y flujos. En general las consecuencias que puede traer este nivel de amenaza son destrucción parcial de viviendas, obras civiles, entre otros. Es necesario que la comunidad haga uso y manejo adecuado del suelo, ya que los suelos presentan una humedad alta, se recomienda generar políticas ambientales donde se hallan extinto las coberturas.

12.10.2 AMENAZA FUTURA:

12.10.2.1 Nivel de amenaza alto:

Corresponde al 100.0%. del área total de estudio, corresponde a zonas con susceptibilidad alta a baja en los movimientos en masa debido a las características geológicas, geomorfológicas, de composición de suelo, factores detonantes como lluvias, sismos y de las coberturas encontradas dentro del nodo. Para este sector las lluvias diarias presentan un promedio de 39.45 mm desde el año 1984 al 2021 y la precipitación media anual presenta un valor promedio de 1143.6 mm, el coeficiente de aceleración máximo horizontal es de 0.31 siendo este uno de los detonantes principales para este nivel de amenaza. Teniendo en cuenta las geoformas presentadas en esta categoría la posibilidad de que ocurra un movimiento en masa es máximas, ya que las pendientes son altas, dentro del polígono se observa un deslizamiento rotacional que puede afectar la vía. En general las consecuencias que puede traer este nivel de amenaza son severas, ya que pueden generar pérdidas humanas, de viviendas y cultivos.

12.11 DISTANCIA DE VIAJE:

Para el análisis de zonificación de amenaza por movimiento en masa, se cumple con la metodología descrita en el capítulo 4, la cual se toma como base de la guía metodológica del servicio geológico colombiano del año 2016, a partir de la cual se establece que los estudios realizados para escalas 1:5000 son desarrollados por medios de análisis determinísticos, metodología se emplea para estudios base, tal cual lo precisa la escala de estudio requerida en el contrato.

En la topografía suministrada por el IDIGER no es posible evidenciar si se presentaron cambios en la zona de estudio, considerando que no se sabe con exactitud en qué fecha se realizó el modelo de superficie.

Para la presente consultoría el análisis de la distancia de viaje con el fin de fines específicos de ordenamiento territorial, requiere un rigor técnico que un estudio de amenaza escala 1:5.000 no permite abordar, ya que metodológicamente en estudios detallados se hace para movimientos activos que se encuentren dentro del área de estudio, mediante métodos de elementos finitos, por lo cual se requiere estimar parámetros como la caída vertical y el ángulo del talud, situación que sugiere una alta suposición de parámetros bajo los insumos temáticos establecidos en el estudio escala 1:5.000. Adicionalmente, la cantidad de sondeos es escaso, por lo cual no se permitió caracterizar los datos requeridos para dicho análisis, de esta forma se estima un valor de distancia aproximado en aquellas zonas que presenten movimientos activos.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
AMBIENTE
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos
y Cambio Climático

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS BÁSICOS DE
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN
MASA, A ESCALA 1:5.000 ACORDE CON LOS REQUISITOS
DEL DECRETO 1077 DE 2015, PARA 8 NODOS DE
EQUIPAMIENTOS RURALES DE LA LOCALIDAD DE
SUMAPAZ

CONTRATO No 278 DE 2022



Sin embargo, para escalas básicas es posible generar una predicción aproximada de este parámetro bajo métodos analíticos como el de “la línea de energía” presentado por Heim (1932, citado por Mavrouli et al., 2014), el cual se basa en la predicción de la máxima distancia de viaje recorrida por un bloque a lo largo de un perfil. A partir de la interacción de la topografía con una línea cuyo punto de partida, puede ser la zona de inicio o el punto más alto de la ladera. ([https://www2.sgc.gov.co/archivos/GM\(2017\).pdf](https://www2.sgc.gov.co/archivos/GM(2017).pdf)), análisis que se tuvo en cuenta en la definición de la zonificación de amenaza.

Dentro del nodo de estudio se presenta un movimiento activo, el material transportado por este movimiento se depositaría directamente sobre la vía, la cual presenta un ancho de calzada aproximadamente de 7 m, dicho deslizamiento se presente sobre el corte realizado para la construcción de la vía que pasa a lo largo del polígono de estudio.

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A. De acuerdo a la información geológica elaborada por INGEOMINAS para la cartografía de la plancha 265 Icononzo (1999) a escala 1:100.000, la cartografía realizada para la elaboración del mapa de remoción en masa del suelo rural de Bogotá, FOPAE-UNAL (2013), a escala 1:25.000 y los levantamientos realizados a lo largo de las visitas de campo, se detallaron las características encontradas dentro del nodo, determinando la presencia Formación Chipaque (Ksch) y roca blanda (Rb6).
- B. En el polígono evaluado, la vereda limita al occidente por la Falla de Nazareth, está conformado principalmente por rocas de edad Cretácico. La principal estructura corresponde al Anticlinal del Raizal, el polígono estudiado se ubica en el flanco occidental de la mencionada estructura, las capas presentan un rumbo N12° E y buzan 38° hacia el NW, dentro del polígono no se evidencian unidades geológicas de superficie.
- C. En la geología local del nodo Raizal, fue posible encontrar material clasificado como suelo transportado coluvión y roca que de acuerdo a sus características litológicas y geotécnicas se clasifica en roca blanda lodolita (Rbl), considerando que en la exploración geotécnica se encontraron características de la roca.
- D. En la geomorfología de la zona, se reconocen geoformas de ambiente glaciar, la cual se denomina técnicamente como Ladera Ondulada Glaciar (Glo), y geoformas denudativas, en la cual se encuentra depósito coluvial, a partir de las pendientes se realiza un cruce de información con este componente, y en el plano obtenido, se observan las geoformas más representativas dentro del nodo.
- E. Se realiza el levantamiento de los procesos morfodinámicos encontrados dentro del polígono, donde se generó el inventario de aquellos procesos que son cartografiables a escala 1:5.000. Dentro del área de estudio, se evidencia una zona de depositación de un proceso morfodinámico que se generó fuera del polígono, por lo cual a futuro se debe realizar un estudio de detalle para la zona.
- F. El coeficiente de aceleración para este nodo de estudio, es de $A_0 = 0.31$ para una tasa de retorno (TR) de 475 años, esta información se toma a partir del estudio de la Universidad Nacional “Elaboración Del Mapa De Remoción En Masa Del Suelo Rural De Bogotá D.C., Para Su Incorporación Al Plan De Ordenamiento Territorial POT, A Escala 1:25000” del año 2013, el cual fue suministrado por el IDIGER.

- G. Las coberturas de tierra para este nodo de estudio, se desarrolla conforme a la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia; se clasifican en tejido urbano discontinuo, red vial, parques cementerios, áreas culturales, pastos, cultivos y vegetación secundaria, donde se presenta una denominación de pastos limpios que ocupan el 69,4% del área del nodo, además tiene la presencia de un parque cementerio y de una vía que lo atraviesa de oriente a occidente, también se identificó la presencia de una institución educativa permitiendo reconocer que el área tiene un uso dotacional.
- H. El uso actual del suelo se refiere a la utilización que el hombre les hace a las coberturas, por lo cual para el presente nodo de estudio se encuentran usos agrícolas, conservación, infraestructura y pecuario.
- I. Se analiza la información pluviométrica del nodo de estudio, tomando como base la información de la estación PM Nazareth, dicha estación no es la más cercana al nodo, pero es la única estación cercana que muestra información para realizar los respectivos análisis, ya que las otras estaciones están suspendidas o hacen parte del EAAB.
- J. Se genera la curva IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia) para la estación de estudio, con un periodo de retorno de 2, 10, 20, 25, 50 y 100 años. Los datos obtenidos para periodo de retorno de 20 años se usan para determinar las lluvias en la zona durante 24 horas, considerando que se requiere para hallar el valor de Pf20.
- K. Se realiza el levantamiento de las obras hidráulicas encontradas dentro del polígono, las cuales se evalúan verificando el estado y las condiciones que presentan, para este nodo de estudio, no se encontraron cuerpos de agua generados por la comunidad de manera manual.
- L. Se ejecutan los sondeos y los apiques programados para el sector, evidenciando que en algunas perforaciones se encontró la roca, a partir de este análisis, se justifican las unidades geológicas regionales presentadas.
- M. En la ejecución de los sondeos se llevó a cabo el ensayo de penetración estándar SPT, del cual se obtienen los valores de N (golpes) que permiten correlacionar con la consistencia los materiales arcillosos y la densidad de los materiales granulares, obteniendo así la variación en profundidad de N en cada sondeo, de acuerdo a este valor obtenido en campo, se realiza la respectiva corrección de N60 y N70.

- N. Se genera la estimación de parámetros de resistencia a partir del ensayo SPT, con la metodología propuesta por González, A. J. (1999) para la cohesión y la metodología de (Montenegro Padilla, 2014) para ϕ , donde se grafican puntos (σ_v , τ) en planos Mohr – Coulomb, donde los coeficientes de la regresión lineal corresponden a los parámetros geomecánicas efectivos buscados, y finalmente estimar de manera aproximada los valores de c' y ϕ .
- O. Se realizan ensayos de, análisis granulométrico, determinación de la densidad (Peso unitario), determinación de la gravedad específica, determinación limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad, determinación de contenido de agua, compresión inconfiada, hidrometrías, corte directo en condición CD, consolidación rápida y determinación del contenido orgánico, los cuales se analizaron de manera detallada.
- P. Se realiza un análisis estadístico detallado de los parámetros geotécnicos, donde se toman cada una de las muestras extraídas y se analizan de acuerdo a las características y los resultados de ϕ y c' .
- Q. Se realiza el modelo geológico geotécnico con base en el análisis geológico y se logra determinar la presencia de suelo transportado coluvión y roca blanda lodolita, las cuales son UGI cartografiables, con base en los resultados de laboratorio y el análisis estadístico se les asignan parámetros geotécnicos, características geomecánicas de resistencia y densidad.
- R. Se determina el número de curva (CN) y los valores de nivel freático y láminas de agua, considerando la lluvia como un factor importante causante de los movimientos en masa, teniendo en cuenta la metodología de servicio geológico colombiano (2016).
- S. Teniendo en cuenta la escala de estudio 1:5.000, se realizó la evaluación de los diferentes parámetros requeridos para el análisis de estabilidad mediante la metodología del talud infinito, los cuales fueron evaluados por cada especialista.
- T. Se realizó el análisis de estabilidad por la metodología descrita por el servicio geológico colombiano 2016, donde se evidencia mediante cada uno de los parámetros el nivel de amenaza para cada una de las zonas del polígono. Para el polígono de estudio se obtiene que, en la zona donde se encuentra la escuela, presenta amenaza alta.

- U. En la zonificación actual del nodo, se evidencia que el 3.76% del área total de estudio corresponde a un nivel de amenaza alto, donde estas áreas corresponden a una susceptibilidad alta a baja en los movimientos en masa debido a características geológicas, geomorfológicas, de composición de suelo y de las coberturas encontradas, el 96.25% del área de estudio presenta un nivel de amenaza medio.
- V. En la zonificación futura se caracteriza un único nivel de amenaza, en lo cual el 100% del área total del polígono se encuentra en amenaza alta, debido a las características geológicas, geomorfológicas, de composición de suelo, factores detonantes como lluvias, sismos y de las coberturas encontradas dentro del nodo.
- W. Como recomendación se deberá cumplir con la normatividad vigente (NSR-10) para el caso de construcción de edificaciones de equipamientos; se deberá prestar especial atención a los taludes generados y verificar si requieren análisis de Amenaza detallados.
- X. Se recomienda que los cambios de las coberturas y los usos del suelo generados por acciones antrópicas, deben realizarse de manera controlada, considerando que, al realizar talas no controladas, deforestación u otros cambios en los suelos, se generan cambios en las propiedades analizadas para la amenaza del estudio.
- Y. De acuerdo al análisis realizado a lo largo del estudio, dentro del nodo de estudio se presenta un movimiento activo, el material transportado por este movimiento se depositaría directamente sobre la vía, la cual presenta un ancho de calzada aproximadamente de 7 m, dicho deslizamiento se presente sobre el corte realizado para la construcción de la vía que pasa a lo largo del polígono de estudio.

14 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldesa Local de Sumapaz, A. d. (29 de 12 de 2022). *Identificación y Priorización de Escenario de Riesgo*. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/documents/220605/329657/Identificaci%C3%B3n+y+Priorizaci%C3%B3n.pdf/c0c0d444-dcce-4c14-9f06-a40e0f9f7777>
- CAR. (Septiembre de 2003). *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. Obtenido de Delimitación y Localización de la Cuenca Sumapaz: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac68e4163931.pdf>
- Chow V.T., M. D. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá.
- Colombiano, S. G. (s.f.). http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/.
- Duncan J.M., W. S. (2005). *Soil Strength and Slope Stability*". John Wiley and Sons.Inc. Hoboken. New Jersey 297p.
- EMP. (s.f.). *Respuesta a solicitud de activos o contenido de estos en la zona*.
- IDIGER, I. D. (27 de 01 de 2017). *PROYECTO ACTUALIZACIÓN COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA LA REVISIÓN ORDINARIA Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Obtenido de https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/POT/4-DOCUMENTO_TECNICO_DE_SOPORTE_14-06-19/DT04_Anexo04_Amenaza_porMov_enMasa_enPerspectiva_CCZonaRural.pdf
- IDU. (01 de 2023). *Respuesta a información sobre la malla vial, inventario de la infraestructura vial y reservas de Cívica*.
- Nacional, U. (2013). *Elaboración Del Mapa De Remoción En Masa Del Suelo Rural De Bogotá D.C., Para Su Incorporación Al Plan De Ordenamiento Territorial POT, A Escala 1:25000*.
- SERVICIO GEOLOGICO, C. (2016). *GUIA METODOLOGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA*. Obtenido de <https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadas/Documents/Guia-Metodologica-27-07-2016.pdf>
- SERVICIO GEOLÓGICO, C. (s.f.). *ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE SOACHA – CUNDINAMARCA. ESCALA 1:25.000*.

Sumapaz, C. L.-C. (10 de 2019). *Plan Local de Gestión del Riesgo y Cambio climático CLGR-CC*. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/documents/220605/494708/PLAN+LOCAL+DE+GESTI%C3%93N+DEL+RIESGO+COMPILADO-SUMAPAZ.pdf/328381c6-8c49-4415-acc0-87335808df07>

- HANSEN, A. 1984. Landslide hazard analysis. In: Brunsden, D., Prior, D.B (ed.) Slope Instability. 523-602. Wiley & Sons, New York.
- VAN WESTEN, C. 2003. GISSIZ: training package for Geographic Information Systems in Slope Instability Zonation. Handout Conferences, ITC, Enschede.
- Castro, E., Valencia, A., Ojeda, J., Muñoz, F., & Fonseca, S. (2001). Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica. Santa Fé de Bogotá, Colombia: INGEOMINAS/Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca/Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Colombiano, S. G. (2013). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1: 100.000. Bogotá DC, Colombia.
- Linares, P. S. (2017). Desarrollo y análisis de zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa: uso y evaluación del método heurístico del proceso de análisis jerárquico y comparación de criterios adecuados. Bogotá DC.
- Cuervo, V. (1999). Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa.
- INGEOMINAS. (2004). Mapa Geológico para Ingeniería Sabana de Bogotá. Bogotá D.C.: INGEOMINAS.
- INGEOMINAS. (2004). Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geológica para Ingeniería. Bogotá D.C.: INGEOMINAS.
- IDEAM, 2021. Cobertura de la Tierra 100K Periodo 2018.
- IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p.

- IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- Nacional, U. (2013). Elaboración Del Mapa De Remoción En Masa Del Suelo Rural De Bogotá D.C., Para Su Incorporación Al Plan De Ordenamiento Territorial POT, A Escala 1:25000.
- BÜRGL, H.1957. Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional: V.3. No.2, Bogotá.
- CARVAJAL, J. H. 2012. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia, SGC, Bogotá, 2012.
- CARVAJAL, J. H 2005. Zonificación Geomorfológica de la Sabana de Bogotá “Características Geomorfológicas de la Sabana de Bogotá” Volumen I, INGEOMINAS, Bogotá D.C.
- FOPAE-UNAL. 2013, Elaboración del mapa de remoción en masa del suelo rural de Bogotá D.C a escala 1:25.000.
- INGEOMINAS, 1999. Geología de la Plancha 265-Icononzo; Esc. 1:100.000.
- INGEOMINAS, 1999. Memoria explicativa de la Plancha 265 Icononzo.
- INGEOMINAS, 2005. Cartografía Geológica Aplicada a la Zonificación Geomecánica de la Sabana de Bogotá, Volumen II, INGEOMINAS, Bogotá D.C.
- INGEOMINAS, 2016. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.
- INGEOMINAS, 2017. Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000.
- MONTOYA D. y REYES G., 2005. Geología de La Sabana de Bogotá Esc. 1:100.000.
- MONTOYA D. y REYES G., 2005. Memoria explicativa del mapa Geología de la Sabana de Bogotá.
- OPPENHEIM, V., 1940. Glaciaciones Cuaternarias de la Cordillera Oriental de Colombia.
- Informe 276. INGEOMINAS. Bogotá.
- RENZONI, G, 1965. Geología del Cuadrángulo L-11 Villavicencio, escala 1:200.000 Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional, Bogotá.
- STUTZER, O., 1934. Sobre la Geología de la Parte Media del Valle del Magdalena. Compendio de Estudios Geológicos Oficiales de Colombia: t.2, p.183-209. Bogotá.
- Duncan J.M., W. S. (2005). *Soil Strength and Slope Stability*”. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken. New Jersey 297p
- Montenegro Padilla, L. F. (2014). Calibración del método de parámetro de resistencia con SPT en suelos de la región llanera colombiana.

15 ANEXOS

- 1 - ESTUDIOS DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA
- 2 - INVENTARIO DE PROCESOS MORFODINÁMICOS
- 3 – SISMOLOGÍA
- 4. ANEXO COBERTURAS Y USOS DEL SUELO (GENERAL)
- 5 - HIDROLOGÍA Y DRENAJE SUP
- 6 - GEOTECNIA
- ANEXO REGISTROS FOTOGRÁFICOS
- GIS
- PLANOS RAIZAL
- RASTER
- INFORME EJECUTIVO
- INFORME FINAL
- PRESENTACIÓN NODO RAIZAL